



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

## **CONTROL DE SALAS DE CALDERAS**

Autor: Laura Vallejo Cebrero

Director: Eduardo Santamaría Navarrete

Madrid  
Mayo de 2012

# Índice de documentos

## **DOCUMENTO I. MEMORIA**

|                                   |                |            |
|-----------------------------------|----------------|------------|
| Parte I. Memoria                  | pág. 8 a 77    | 69 páginas |
| Parte II. Estudio económico       | pág. 78 a 82   | 4 páginas  |
| Parte III. Manual de usuario      | pág. 83 a 93   | 10 páginas |
| Parte IV. Código fuente           | pág. 94 a 143  | 49 páginas |
| Parte V. Hojas de características | pág. 144 a 180 | 38 páginas |

## **DOCUMENTO II. PLANOS**

|                    |             |           |
|--------------------|-------------|-----------|
| 1. Lista de planos | pág. 3      | 1 página  |
| 2. Planos          | pág. 4 a 11 | 8 páginas |

## **DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES**

|                            |             |            |
|----------------------------|-------------|------------|
| 1. Generales y económicas  | pág. 5 a 6  | 1 páginas  |
| 2. Técnicas y particulares | pág. 7 a 18 | 11 páginas |

## **DOCUMENTO IV. PRESUPUESTO**

|                        |              |           |
|------------------------|--------------|-----------|
| 1. Mediciones          | pág. 5 a 9   | 4 páginas |
| 2. Precios unitarios   | pág. 11 a 14 | 3 páginas |
| 3. Sumas parciales     | pág. 15 a 19 | 4 páginas |
| 4. Presupuesto general | pág. 21 a 22 | 1 página  |

Autorizada la entrega del proyecto del alumno:

**Laura Vallejo Cebrero**

---

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

**Eduardo Santamaría Navarrete**

Fdo.: ..... Fecha: ..... / ..... / .....

---

Vº Bº DEL COORDINADOR DE PROYECTOS

**Prof. Dr. Álvaro Sánchez Miralles**

Fdo.: ..... Fecha: ..... / ..... / .....



# Resumen

## 0.1. Introducción

EN un edificio de viviendas hay que obtener agua caliente para la calefacción y además el A.C.S. Para ello se dispone de 1 ó 2 calderas y de una instalación de bombas y válvulas como se ve a continuación.

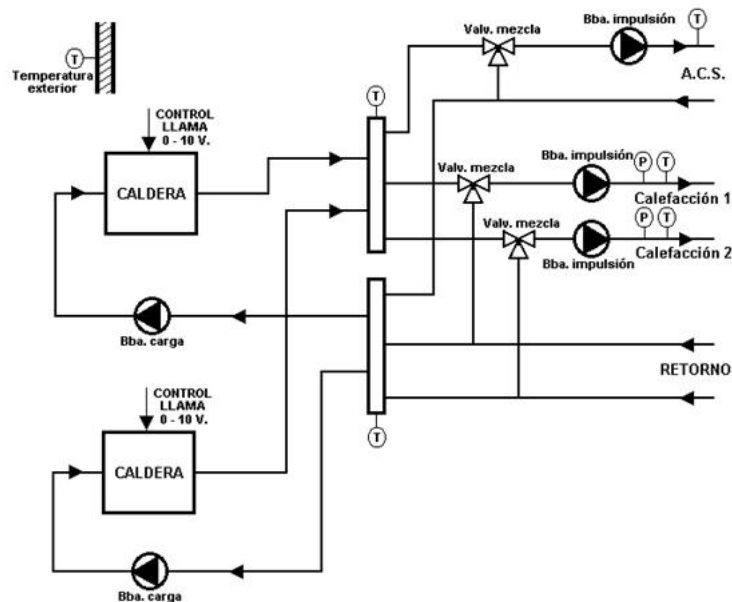


**Figura 1.** Esquema del sistema a controlar para dos calderas

A la caldera llega agua. En la caldera se calienta el fluido y pasa a la parte secundaria del circuito. Una parte de éste llegará a las viviendas como agua caliente sanitaria y la otra se usará para calefacción.

En el mercado se pueden encontrar algunos productos para el control de salas de calderas. Entre las marcas que fabrican este tipo de tecnología, el mayor fabricante hoy día es Siemens y el modelo más nuevo en el mercado es el RVP360 cuyo coste asciende a 618,29 €.

El objetivo primero de este proyecto es conseguir un precio inferior al que actualmente hay en el mercado. También se quieren añadir algunas mejoras. Entre ellas cabe destacar:

- Utilización de un microprocesador nuevo más barato que, a su vez, incorpora funciones. Además será un microprocesador del que necesitaremos poca memoria al programar en ensamblador.
- Opción de poder controlar dos calderas a la vez en el mismo circuito. La segunda caldera funciona cuando no se llega a la temperatura de consigna o por tener algún problema.
- Uso de comunicaciones estándar RS-485.
- Fuente conmutada con una entrada de tensión entre 85 y 265 V a cualquier frecuencia. Esto hace al producto compatible con las características de la red de cualquier país.

En último lugar este proyecto responde al deseo por parte de Sistena S.A. (empresa colaboradora) de sacar al mercado este tipo de equipo.

## 0.2. Metodología

La primera etapa del desarrollo del proyecto ha sido el estudio del estado arte: todos los productos similares que ya existen en el mercado.

Se pensaron las variables del sistema que hacía falta controlar, entradas y salidas necesarias.

Sabiendo el número de variables a controlar se eligió un microprocesador acorde. Entre los periféricos que se necesitaban para el desarrollo de la tarjeta se encuentran: convertidor analógico-digital, timer y comunicaciones serie. También se tuvo en cuenta en la elección el precio y la experiencia de la empresa con otros productos de esta misma familia de microprocesadores.

A continuación se realizó un desarrollo teórico del circuito electrónico de control: circuito de entradas y salidas digitales, entradas y salidas analógicas, reloj de tiempo real externo al microprocesador y memoria EEPROM.

El circuito teórico se implementó en OrCAD. Una vez completado este paso se realizó el diseño del layout con el mismo programa.

Una vez listo el circuito en formato digital se mandó fabricar la PCB a una empresa externa.

De forma paralela se desarrolló la programación y la correspondiente depuración del código.

### 0.3. Resultados

En la siguiente figura se muestra el esquema hardware desarrollado.

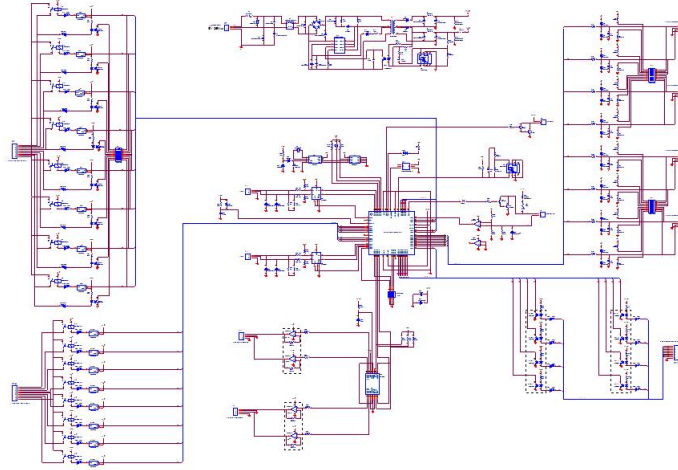


**Figura 2.** Hardware

El software se desarrolló y depuró correctamente.

La vista exterior del hardware se muestra a continuación. La tarjeta se diseñó para que cupiera en la caja que se muestra.



**Figura 3.** Vista exterior sistema de control

El precio unitario del equipo, estimando que en los 2 primeros años se venden 150 unidades (y que estos 2 años sirven para amortizar el coste del proyecto) fue de 220 €. Por lo que se consigue un precio casi 3 veces inferior al que existe actualmente en el mercado.



# Abstract

## 0.1. Introduction

IN a residential building it is necessary to get hot water for heating and d.h.w. In order to get that, it's necessary to use one or two boilers, valves and pumps like it's showed below.

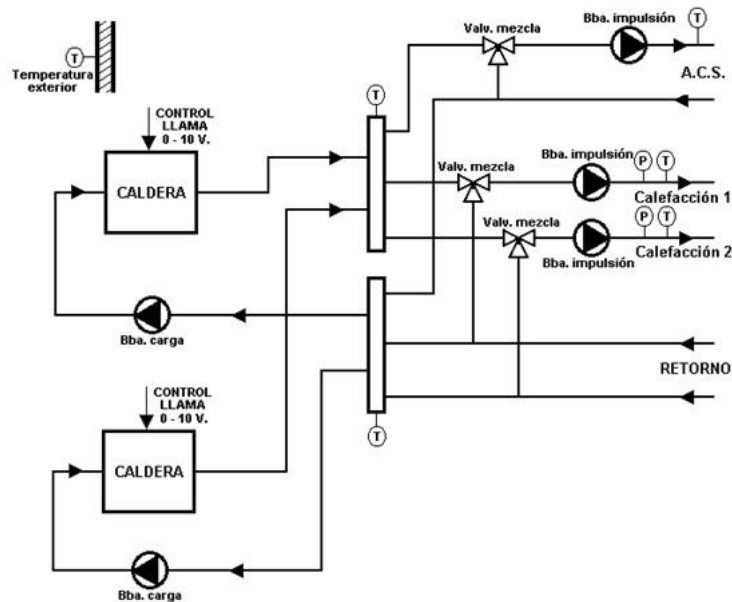


**Figure 1.** Two boilers

The water reaches the boiler. In the boiler the fluid is heated and gone to the second part of the circuit. One part of this is used in the residential building like d.h.w. and the other part like heating.

It is possible to find this product in the market for control of heating. Between the different brands that made this type of technology, the most important is Siemens and the newest model in the market is RVP360, which price is 618,29 €.

The primary objective of this project is to get a lower price than before and also to do some improvements. Among these improvements, the more important are:

- To use a cheaper new microprocessor, which also will have new options. It will be a microprocessor with little memory because it won't be needed anymore for programming.
- The option to control two boilers in the same circuit. The second boiler works when the temperature is not correct or if there are any problems.
- To use standard communications (RS-485).
- Switching power supply with voltage input between 85 and 265 V at any frequency. That is good because it is possible to use this in any country in the world.

In last place, this Project is an idea of Sistena company to sell this product in the market.

## 0.2. Methodology

The first part of this Project has been the "state of the art": searching for every similar products in the market.

After that, it was studied the systems variables to control: inputs and outputs required.

Now that the number of control variable are known, it was chosen a microprocessor that may fit whit that. Among the peripheral devices for developing the card, it can be found: analog digital converter, timer and serial communication. It was also taken into account in the election, the price and the experience of the enterprise whit other products of the same microprocessor family.

After that, it was developed a control electronic theoretical circuit: digital inputs and outputs circuit, analogs inputs and outputs, extern real time clock and EEPROM memory.

The theoretical circuit was implemented in OrCAD. When this step was finished, the layout design was made with the same computer program.

When the digital circuit was finished it was sent to be produced on an extern company.

At the same time, it was developed the programming part and the related debugging of the code.

### 0.3. Results

In the next figure is showed a hardware scheme.

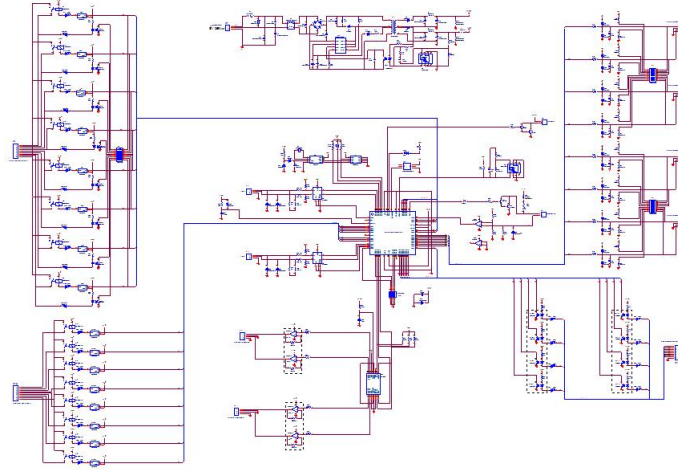


**Figure 2.** Hardware

Software was developed and debugged successfully.

The external view of hardware is show below. The target was designed with the dimensions of the box in order to fit on it.



**Figure 3.** Vista exterior sistema de control

The unit price of product was 220 euros, if it's estimated that on the next 2 years, it will be sold 150 units (and that this years are used to amortize the project cost). This way it's earned a price three times lower than the one of the actual existing product on the market.

*A mis padres y hermana.*

*"Per aspera ad astra"*

SÉNECA

*El hombre hace la técnica,  
pero al hombre lo hace el entusiasmo.*

ORTEGA Y GASSET

# Agradecimientos

**Q**UISIERA agradecer en primer lugar el apoyo y dedicación constante durante la realización de este proyecto a mi director Eduardo Santamaría Navarrete.

También me gustaría dar las gracias a Juan Campanero por enseñarme a usar OrCAD. Y en general a todo el personal de la empresa Sistena por su amabilidad.

Agradecer a mis padres y hermana su apoyo incondicional todos estos años. No habría sabido llegar ni la mitad de lejos sin su ayuda. Me queda toda una vida para compensarles su labor.

A Jaime, por ser tan paciente conmigo y ayudarme a crecer un poco más cada día.

Agradecer a todos mis compañeros de ICAI por todos los momentos vividos y a mis amigas de la residencia. Ellos han sido una parte importante en mi desarrollo como persona en esta etapa de mi vida que ahora acaba. Mención especial merece María, apoyo incondicional desde el primer día que llegué a esta ciudad.

A todos mis profesores por formarme, no solo como ingeniero sino también como persona. Me llevo un gran recuerdo de Jose Luis Rodríguez Marrero por su manera de dar las clases, su humor en cada examen y su disponibilidad para ayudar y orientar al alumnado en la toma de decisiones durante la carrera.

A todo el personal de la universidad por cuidarnos tanto y hacer más agradable nuestros días en ICAI. Por tener siempre una sonrisa en la boca.

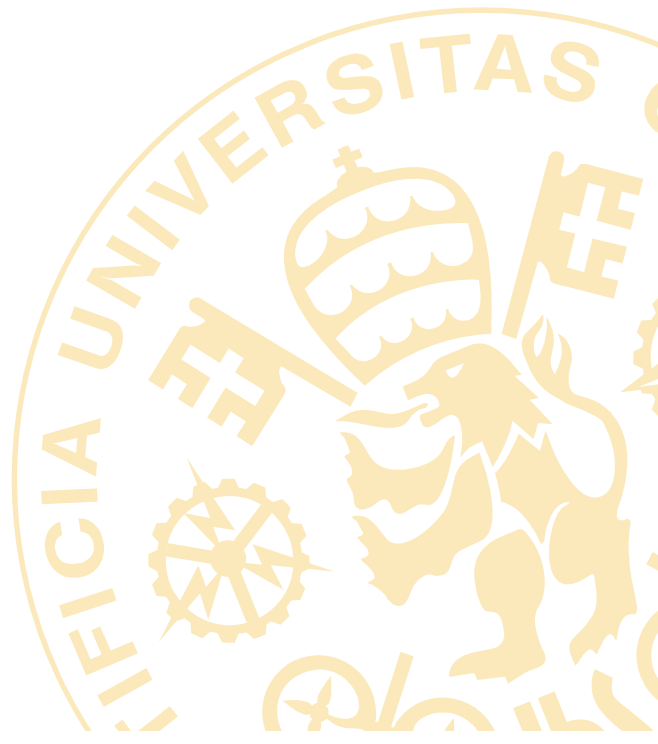
Por último, agradecer a Jaime Boal por haber realizado la plantilla de  $\text{\LaTeX}$  y ponerla al alcance de todos de forma desinteresada. Gracias por ofrecer una alternativa al uso de word en la redacción del proyecto. Y a Rodrigo, por hacerme más llano el camino para usarlo.

## AGRADECIMIENTOS

**DOCUMENTO I**



**MEMORIA**





# Índice

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. Memoria</b>                                                        | <b>9</b>  |
| <b>1. Introducción</b>                                                   | <b>11</b> |
| 1.1. Estado del arte . . . . .                                           | 12        |
| 1.2. Motivación . . . . .                                                | 14        |
| 1.3. Objetivos . . . . .                                                 | 15        |
| 1.4. Recursos . . . . .                                                  | 16        |
| 1.5. Metodología . . . . .                                               | 16        |
| <b>2. Descripción del hardware</b>                                       | <b>19</b> |
| 2.1. Diseño hardware . . . . .                                           | 19        |
| 2.1.1. Microcontrolador . . . . .                                        | 19        |
| 2.1.1.1. Elección del microcontrolador . . . . .                         | 19        |
| 2.1.1.2. Características MC9S08AC60 de Freescale Semiconductor . . . . . | 19        |
| 2.1.1.3. Microcontrolador (hardware) . . . . .                           | 20        |
| 2.1.1.3.1. Partes del microcontrolador . . . . .                         | 20        |
| 2.1.1.3.2. Conexiones y pines del microcontrolador . . . . .             | 21        |
| 2.1.1.3.3. Características eléctricas . . . . .                          | 23        |
| 2.1.2. Fuente de alimentación . . . . .                                  | 24        |
| 2.1.3. Entradas digitales . . . . .                                      | 24        |
| 2.1.4. Salidas digitales . . . . .                                       | 26        |
| 2.1.5. Entradas analógicas . . . . .                                     | 27        |
| 2.1.6. Salidas analógicas . . . . .                                      | 28        |
| 2.1.7. Comunicaciones serie RS-485 . . . . .                             | 29        |
| 2.1.8. Bus I2C . . . . .                                                 | 30        |
| 2.1.8.1. Reloj de tiempo real (RTC) . . . . .                            | 30        |
| 2.1.8.2. Memoria EEPROM . . . . .                                        | 31        |
| 2.1.9. Circuito fijación de tensión de referencia a 4V . . . . .         | 31        |
| 2.1.10. Circuito para quitar ruido del exterior . . . . .                | 32        |
| 2.1.11. Circuito alarma . . . . .                                        | 32        |
| 2.1.12. Circuito programación del microcontrolador . . . . .             | 33        |
| 2.1.13. Circuito reset . . . . .                                         | 33        |
| 2.1.14. Circuito salida al display . . . . .                             | 34        |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2. Display . . . . .                                           | 35        |
| 2.3. Lista de materiales . . . . .                               | 35        |
| 2.4. Diseño del layout de la tarjeta . . . . .                   | 35        |
| 2.5. Fabricación de la PCB . . . . .                             | 36        |
| 2.5.1. Circuito impreso . . . . .                                | 36        |
| 2.5.2. Colocación de componentes en la tarjeta . . . . .         | 37        |
| 2.5.3. Tarjeta en estos momentos . . . . .                       | 37        |
| <b>3. Descripción del software</b>                               | <b>39</b> |
| 3.1. Microcontrolador . . . . .                                  | 39        |
| 3.1.1. Memoria . . . . .                                         | 39        |
| 3.1.2. Interrupciones . . . . .                                  | 40        |
| 3.2. Asignación de registros . . . . .                           | 41        |
| 3.3. Flujogramas del software . . . . .                          | 42        |
| 3.3.1. Programa principal . . . . .                              | 43        |
| 3.3.2. Interrupciones . . . . .                                  | 44        |
| 3.3.3. Medidas analógicas . . . . .                              | 44        |
| 3.3.4. Bus I2C . . . . .                                         | 45        |
| 3.4. Cyclone pro . . . . .                                       | 46        |
| <b>4. Cálculos</b>                                               | <b>49</b> |
| 4.1. Circuito reset . . . . .                                    | 49        |
| 4.2. Convertidor digital analógico . . . . .                     | 50        |
| 4.3. Medidas de las entradas analógicas de temperatura . . . . . | 50        |
| 4.4. Control PI . . . . .                                        | 53        |
| 4.5. Medidas de las entradas analógicas de presión . . . . .     | 53        |
| 4.6. Cálculo resistencias de PULL-UP . . . . .                   | 53        |
| 4.6.1. Salida conversor D/A (salidas analógicas) . . . . .       | 53        |
| 4.6.2. Resistencias bus I2C . . . . .                            | 55        |
| 4.7. Cálculo resistencia del circuito de alarma . . . . .        | 55        |
| 4.8. Cálculo del día de la semana . . . . .                      | 56        |
| 4.9. Meses correspondientes . . . . .                            | 56        |
| 4.9.1. Procedimiento . . . . .                                   | 57        |
| 4.9.2. Ejemplo . . . . .                                         | 57        |
| <b>5. Resultados</b>                                             | <b>59</b> |
| <b>6. Conclusiones</b>                                           | <b>65</b> |
| <b>7. Futuros desarrollos</b>                                    | <b>67</b> |
| <b>8. Lista de materiales</b>                                    | <b>69</b> |
| <b>9. Fotografías equipo</b>                                     | <b>75</b> |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>Bibliografía</b>                | <b>77</b>  |
| <b>II. Estudio económico</b>       | <b>79</b>  |
| 0.1. Introducción . . . . .        | 81         |
| 0.2. Análisis económico . . . . .  | 81         |
| <b>III. Manual de usuario</b>      | <b>83</b>  |
| 1. Visualizaciones                 | 85         |
| 2. Modos de funcionamiento         | 87         |
| 3. Programaciones                  | 89         |
| 4. Parámetros                      | 91         |
| <b>IV. Código fuente</b>           | <b>95</b>  |
| 1. Programa de control             | 97         |
| <b>V. Hojas de características</b> | <b>145</b> |
| TCMT11                             | 147        |
| ULN2803                            | 153        |
| MAX500                             | 159        |
| TLC2272                            | 165        |
| MAX487                             | 167        |
| RTC                                | 169        |

# Índice de figuras

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Esquema del sistema a controlar para una caldera . . . . .     | 11 |
| 2. Esquema del sistema a controlar para dos calderas . . . . .    | 12 |
| 3. Regulador Honeywell . . . . .                                  | 13 |
| 4. Regulador Danfoss . . . . .                                    | 13 |
| 5. Regulador Siemens . . . . .                                    | 13 |
| 6. Tabla de precios de los últimos equipos de Siemens . . . . .   | 13 |
| 7. Siemens RVP360 . . . . .                                       | 14 |
| 8. Foto microcontrolador . . . . .                                | 19 |
| 9. Diagrama de bloques del microcontrolador MC9S08AC60 . . . . .  | 20 |
| 10. Conexiones y pines MC9S08AC60 . . . . .                       | 21 |
| 11. Características eléctricas . . . . .                          | 23 |
| 12. Esquema simplificado fuente conmutada . . . . .               | 24 |
| 13. Fuente conmutada . . . . .                                    | 24 |
| 14. Entradas digitales al microcontrolador . . . . .              | 25 |
| 15. Circuito de salidas digitales . . . . .                       | 27 |
| 16. Circuito de entradas analógicas al microcontrolador . . . . . | 28 |
| 17. Salidas analógicas . . . . .                                  | 29 |
| 18. Circuito de comunicación serie RS-485 . . . . .               | 30 |
| 19. Circuito RTC con memoria EEPROM . . . . .                     | 30 |
| 20. Circuito para fijar la tensión de referencia a 4V . . . . .   | 31 |
| 21. Circuito para quitar ruido externo . . . . .                  | 32 |
| 22. Circuito de alarma . . . . .                                  | 32 |
| 23. Led del circuito de alarma . . . . .                          | 33 |
| 24. Circuito programación del microcontrolador . . . . .          | 33 |
| 25. Circuito reset . . . . .                                      | 34 |
| 26. Circuito salida al display . . . . .                          | 34 |
| 27. Foto del display . . . . .                                    | 35 |
| 28. Cara delantera layout . . . . .                               | 36 |
| 29. Cara trasera layout . . . . .                                 | 37 |
| 30. Tarjeta actual . . . . .                                      | 37 |
| 31. Mapa de memoria del microprocesador . . . . .                 | 40 |
| 32. Programa principal . . . . .                                  | 43 |

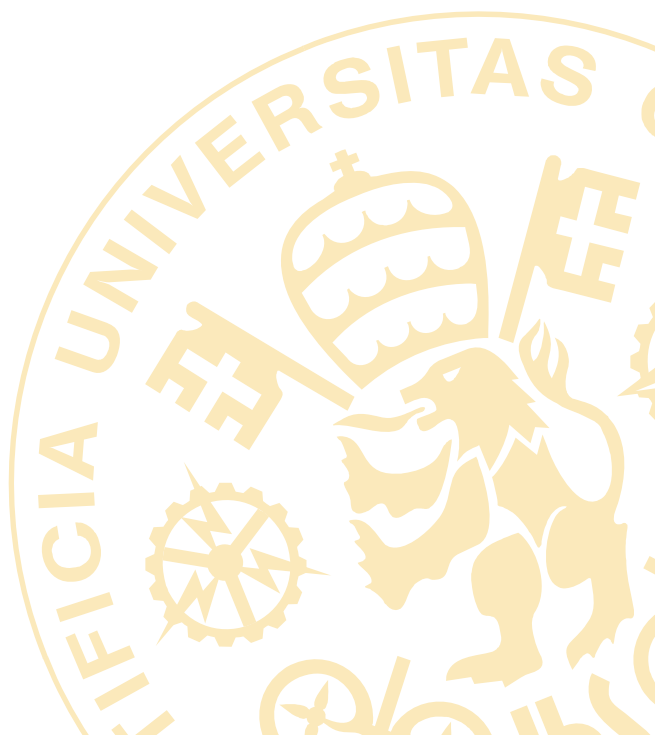
|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 33. Interrupciones . . . . .                                     | 44 |
| 34. Medidas analógicas . . . . .                                 | 45 |
| 35. Bus I2C . . . . .                                            | 46 |
| 36. Cyclone Pro de Freescale . . . . .                           | 47 |
| 37. Circuito en la salida del pin de reset . . . . .             | 49 |
| 38. Circuito con resistencia PULL-UP . . . . .                   | 53 |
| 39. Resistencias del microcontrolador al conversor D/A . . . . . | 54 |
| 40. Resistencias del microcontrolador al bus I2C . . . . .       | 55 |
| 41. Circuito de alarma . . . . .                                 | 56 |
| 42. Esquema genérico hardware . . . . .                          | 60 |
| 43. Cara delantera layout . . . . .                              | 60 |
| 44. Cara trasera layout . . . . .                                | 61 |
| 45. Tarjeta actual . . . . .                                     | 61 |
| 46. Programa principal . . . . .                                 | 62 |
| 47. Interrupciones . . . . .                                     | 62 |
| 48. Vista exterior sistema de control . . . . .                  | 63 |
| 49. Colector solar . . . . .                                     | 67 |
| 50. Circuito dentro de la caja . . . . .                         | 75 |
| 51. Circuito con cyclone pro . . . . .                           | 76 |
| 52. Vista exterior sistema de control . . . . .                  | 76 |



**PARTE I**



**MEMORIA**





# Capítulo 1

## Introducción

EN un edificio de viviendas hay que obtener agua caliente para la calefacción y además el A.C.S. (agua caliente sanitaria). Para ello se dispone de 1 ó 2 calderas y de una instalación de bombas y válvulas como se muestra en las figuras siguientes.

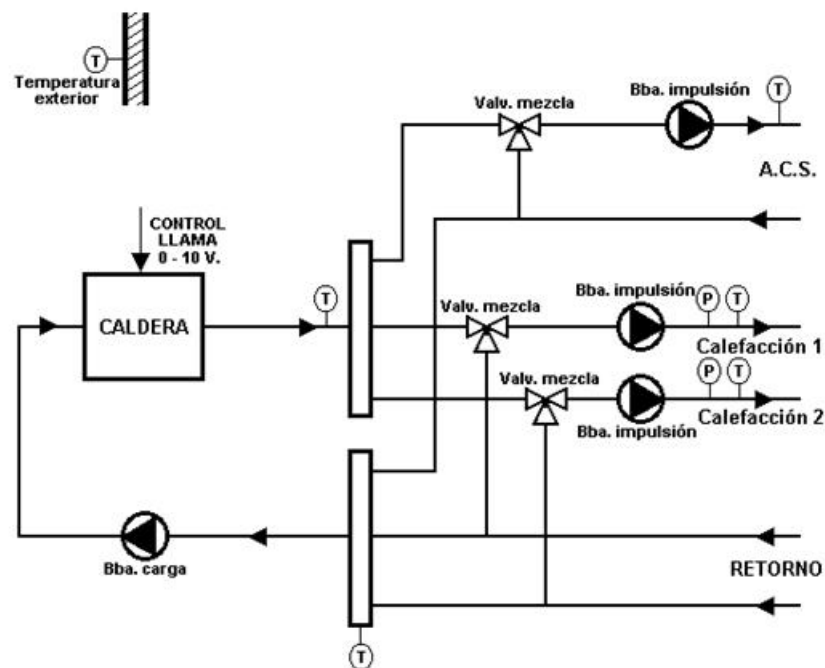


**Figura 1.** Esquema del sistema a controlar para una caldera

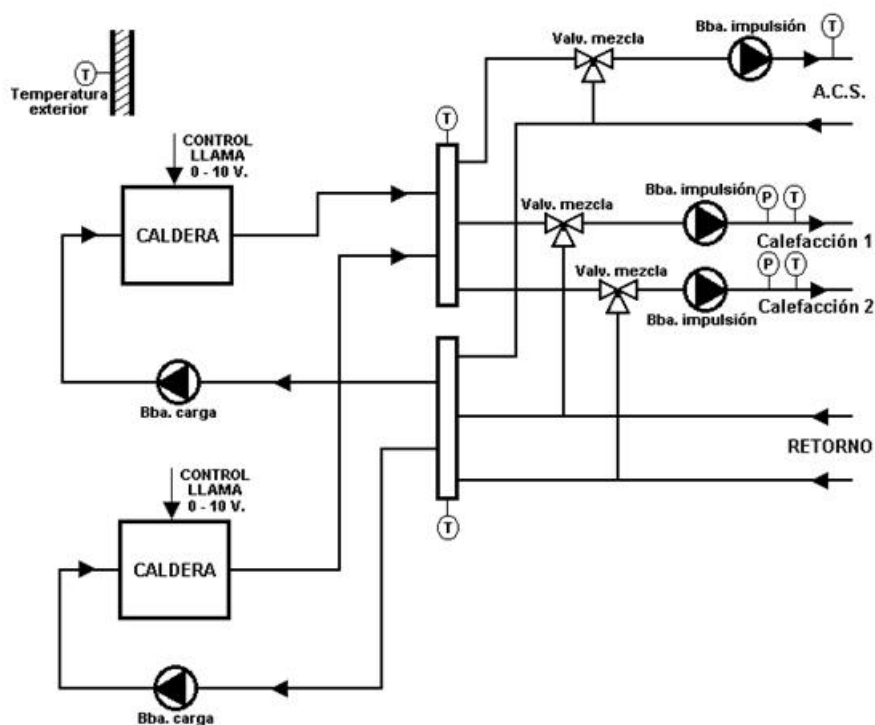


**Figura 2.** Esquema del sistema a controlar para dos calderas

En las figuras 1 y 2 se muestran dos configuraciones posibles dependiendo de si queremos 1 ó 2 calderas en nuestro sistema. A la caldera llega agua. En la caldera se calienta el fluido y pasa a la parte secundaria del circuito. Una parte de éste llegará a las viviendas como agua caliente sanitaria y la otra se usará para calefacción.

Se debe controlar en dicha instalación las calderas, los arranques y paradas de las bombas y las distintas aperturas de las válvulas.

## 1.1. Estado del arte

En el mercado se pueden encontrar algunos productos para el control de salas de calderas. Entre las marcas que fabrican este tipo de tecnología se encuentra Siemens, Honeywell, Danfoss, Elster, Samson, etc.



**Figura 3.** Regulador Honeywell



**Figura 4.** Regulador Danfoss



**Figura 5.** Regulador Siemens

El mayor fabricante de este producto es Siemens. En la siguiente tabla se muestran los precios de algunos de sus últimos modelos:

| MARCA   | MODELO | PRECIO        | AÑO A LA VENTA |
|---------|--------|---------------|----------------|
| SIEMENS | RLU222 | 330,4 - 821 € | 2006           |
|         | RVP200 | 523,7 €       | 2007           |
|         | RVP340 | 644 €         | 2011           |
|         |        | 429.52 €      |                |
|         | RVP361 | 618,29 €      | 2011           |

**Figura 6.** Tabla de precios de los últimos equipos de Siemens

El modelo mas nuevo en el mercado es el RVP360 de Siemens:



**Figura 7.** Siemens RVP360

Las características más importantes de éste son las siguientes:

- Fuente alimentación: 230 V
- Sistema de comunicación LPB (propio de Siemens)
- Uso residencial y no residencial
- Control de 2 circuitos de calor y A.C.S.
- Compatible con todo tipo de sistemas estándar de calor
- Tipos de sistemas de A.C.S.:
  - Tanque de almacenamiento
  - Calentador eléctrico de inmersión y colector solar

## 1.2. Motivación

La motivación de este proyecto ha sido sacar un equipo con mejores características de los existentes en el mercado y a un precio menor. Dichas nuevas características y funciones le aportan un valor añadido debido a la diferenciación respecto a sus competidores.

Había que conseguir un precio menor de 618,29 €. A priori se estimó en base a la experiencia de la empresa en productos similares, que este producto costaría entorno a 200 €. Esto es posible, entre otros motivos porque Siemens es una empresa mucho mayor que Sistena. Como consecuencia Siemens tiene que añadir a sus productos unos costes generales elevados que esta última no tiene.

Entre las mejoras cabe destacar:

- Utilización de un microcontrolador nuevo más barato que, a su vez, incorpora funciones. Además será un microcontrolador del que necesitaremos poca memoria al programar en ensamblador.
- Opción de poder controlar dos calderas a la vez en el mismo circuito. La segunda caldera funciona cuando no se llega a la temperatura de consigna con solo una caldera o si hay algún problema con la primera caldera.
- Uso de comunicaciones estándar RS-485.
- Fuente conmutada con una entrada de tensión entre 85 y 265 V a cualquier frecuencia. Esto hace al producto compatible con las características de la red eléctrica de cualquier país.

Características que ofrece Siemens y no ofrece Sistena se contemplan como mejoras en el futuro ó ampliaciones posibles de este proyecto.

En último lugar este proyecto responde al deseo por parte de SISTENA, S.A. (empresa colaboradora) de sacar al mercado este tipo de equipo.

### 1.3. Objetivos

Se trata de realizar un sistema de control electrónico con el fin de regular una instalación completa de una sala de calderas.

Los principales objetivos son:

Desarrollo y realización de un sistema que controle una sala de calderas. Cabe destacar:

- Diseño del hardware:

Se trata del diseño de los distintos circuitos electrónicos. El sistema de control debe disponer de un microcontrolador (orientado a un control industrial), entradas analógicas y digitales así como los periféricos necesarios. Este diseño engloba un circuito de reset, relés, memoria EEPROM, un RTC, etc. Además se ha dispuesto de comunicaciones serie RS-485 para poder conectar el equipo a un ordenador.

Una vez diseñado el hardware e implementado en un programa de ordenador (OrCAD) se realizó el diseño del Layout (colocación de los componentes electrónicos en la tarjeta elegida).

- Diseño del software:

- Programación en un entorno de bajo nivel (ensamblador), para reducir los costes del microprocesador a utilizar.
  - Depuración del programa utilizando un emulador.
- No se han llegado a realizar a día de hoy las pruebas finales del equipo, incluyendo pruebas de interferencias en un entorno industrial.

Por último, cabe destacar por encima de todo, que el objetivo último del proyecto en sí, se basa en obtener beneficios a través de la venta del producto después de su fabricación.

## 1.4. Recursos

Los recursos que se han usado para la realización de este proyecto son los siguientes:

- Programa de diseño OrCAD.
- Entorno de programación CODE WARRIOR.
- Emulación en el entorno CODE WARRIOR utilizando un programador CYCLONE.

Durante este PFC se han utilizado los siguientes programas además de los anteriores:

- Microsoft Office 2007
- MikTeX 2.9
- TeXnicCenter 1.0
- SumatraPDF 1.4
- PDFConverter

## 1.5. Metodología

Las actividades que se han realizado para el desarrollo del proyecto son las siguientes:

- A. Estudio del estado del arte
- B. Definición de las variables del sistema a controlar, tanto entradas como salidas.
- C. Elección del microprocesador a utilizar

- D. Desarrollo teórico del circuito electrónico de control.
- E. Pasar el circuito teórico a Pspice (OrCad)
- F. Colocar los componentes electrónicos en una tarjeta mediante Layout (OrCad)
- G. Creación de la lista de materiales (BOM)
- H. Fabricación del circuito impreso
- I. Desarrollo de la programación en ensamblador
- J. Realizar la depuración del programa utilizando un emulador.
- K. Redacción de la memoria



# Capítulo 2

## Descripción del hardware

EN ESTE capítulo se va a hacer una descripción de las distintas partes que componen el hardware de la tarjeta diseñada. Los cálculos realizados se encuentran en el Capítulo 4.

### 2.1. Diseño hardware

#### 2.1.1. Microcontrolador

##### 2.1.1.1. Elección del microcontrolador

Para elegir un microcontrolador adecuado se han tenido en cuenta distintos factores:

- Número total de variables a controlar en el sistema: hacen un total de 50 entradas/salidas necesarias.
- Memoria del sistema mínima para poder procesar el programa de control.
- Los distintos periféricos que son necesarios para la elaboración del sistema de control.
- Familia de microprocesadores con los que las empresa está acostumbrado a trabajar.

##### 2.1.1.2. Características MC9S08AC60 de Freescale Semiconductor



**Figura 8.** Foto microcontrolador

En cuanto a memoria se refiere:

- Memoria flash: 64 kB
- Memoria RAM: 2 kB

Algunas de las características importantes del microcontrolador usadas en este proyecto se detallan a continuación:

- 54 pines entradas ó salidas al micro.
- Convertidor analógico-digital
- Timer
- Comunicaciones serie

### 2.1.1.3. Microcontrolador (hardware)

#### 2.1.1.3.1. Partes del microcontrolador

En la siguiente figura se pueden estudiar las distintas partes que componen el microprocesador.

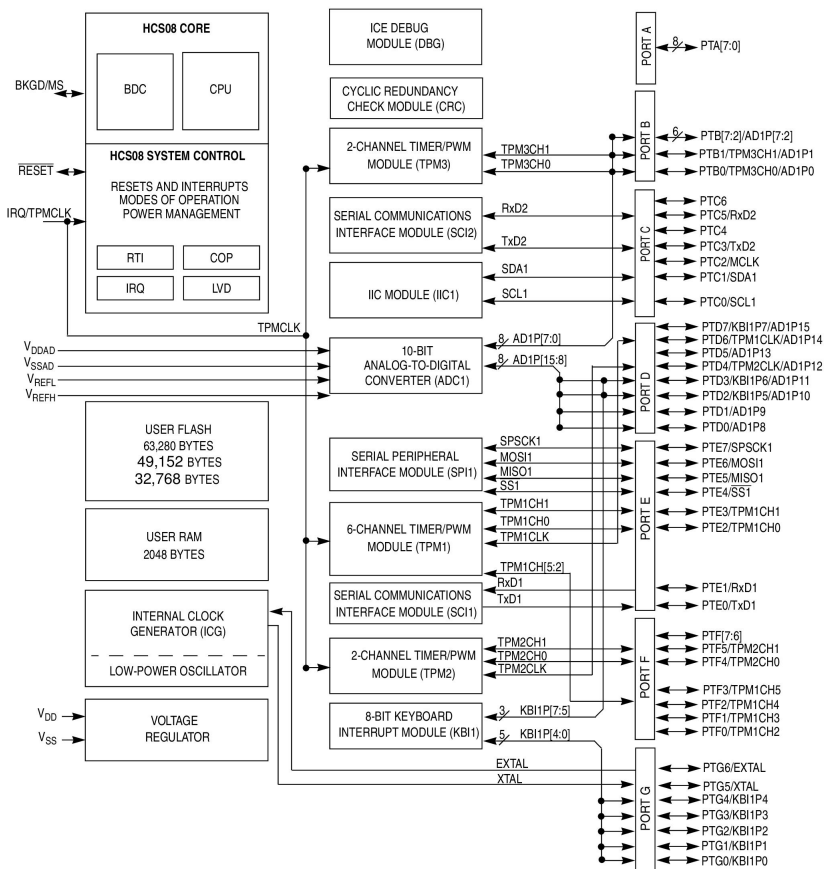


**Figura 9.** Diagrama de bloques del microcontrolador MC9S08AC60

### 2.1.1.3.2. Conexiones y pines del microcontrolador

La siguiente figura muestra las distintas conexiones y pines del microcontrolador. Para su conexión se han tenido en cuenta las conexiones de la figura anterior.

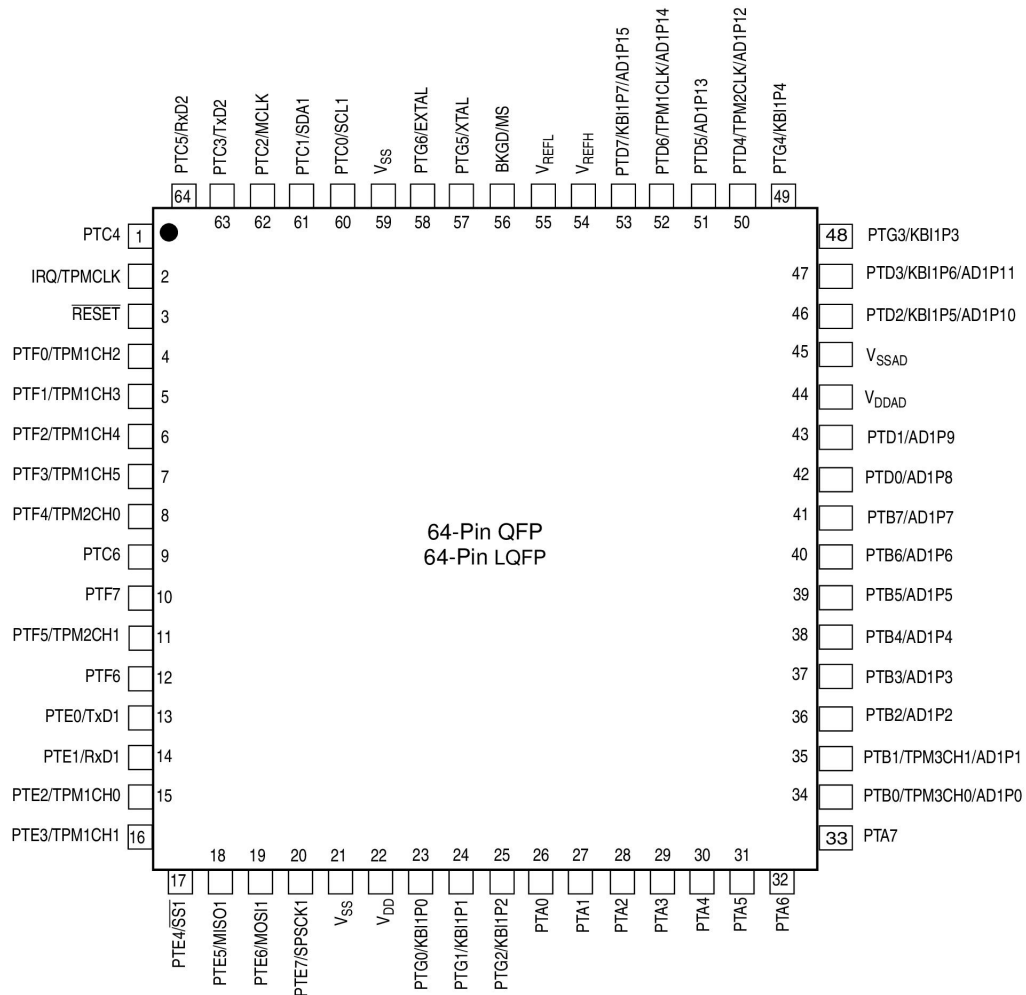


**Figura 10.** Conexiones y pines MC9S08AC60

La correspondencia de los pines con las salidas a los distintos circuitos que componen la tarjeta se puede ver en la siguiente tabla:

| Número de pin | Nombre del pin | Descripción        |
|---------------|----------------|--------------------|
| 1             | PTC4           | Comunicación serie |
| 2             | IRQ            | -                  |
| 3             | RESET          | Circuito reset     |
| 4             | PTF0           | Salida digital     |

|    |       |                        |
|----|-------|------------------------|
| 5  | PTF1  | Salida digital         |
| 6  | PTF2  | Salida digital         |
| 7  | PTF3  | Salida digital         |
| 8  | PTF4  | Salida digital         |
| 9  | PTC6  | -                      |
| 10 | PTF7  | Salida digital         |
| 11 | PTF5  | Salida digital         |
| 12 | PTF6  | Salida digital         |
| 13 | PTE0  | Comunicación serie     |
| 14 | PTE1  | Comunicación serie     |
| 15 | PTE2  | Comunicación serie     |
| 16 | PTE3  | micropulsador          |
| 17 | PTE4  | micropulsador          |
| 18 | PTE5  | Conversor A/D          |
| 19 | PTE6  | Conversor A/D          |
| 20 | PTE7  | Conversor A/D          |
| 21 | VSS   | Tierra                 |
| 22 | VDD   | 5 V                    |
| 23 | PTG0  | micropulsador          |
| 24 | PTG1  | micropulsador          |
| 25 | PTG2  | -                      |
| 26 | PTA0  | Entrada digital        |
| 27 | PTA1  | Entrada digital        |
| 28 | PTA2  | Entrada digital        |
| 29 | PTA3  | Entrada digital        |
| 30 | PTA4  | Entrada digital        |
| 31 | PTA5  | Entrada digital        |
| 32 | PTA6  | Entrada digital        |
| 33 | PTA7  | Entrada digital        |
| 34 | PTB0  | Entradas analógicas    |
| 35 | PTB1  | Entradas analógicas    |
| 36 | PTB2  | Entradas analógicas    |
| 37 | PTB3  | Entradas analógicas    |
| 38 | PTB4  | Entradas analógicas    |
| 39 | PTB5  | Entradas analógicas    |
| 40 | PTB6  | Entradas analógicas    |
| 41 | PTB7  | Entradas analógicas    |
| 42 | PTD0  | Entrada/salida digital |
| 43 | PTD1  | Entrada/salida digital |
| 44 | VDDAD | 5V                     |

|    |       |                                  |
|----|-------|----------------------------------|
| 45 | VSSAD | Tierra                           |
| 46 | PTD2  | Entrada/salida digital           |
| 47 | PTD3  | Entrada/salida digital           |
| 48 | PTG3  | Salida al display                |
| 49 | PTG4  | Salida al display                |
| 50 | PTD4  | Entrada/salida digital           |
| 51 | PTD5  | Entrada/salida digital           |
| 52 | PTD6  | Entrada/salida digital           |
| 53 | PTD7  | Entrada/salida digital           |
| 54 | VREFH | Fijación referencia a 4V         |
| 55 | VREFL | Tierra                           |
| 56 | BKGD  | Programación del microprocesador |
| 57 | PTG5  | Diodo alarma                     |
| 58 | PTG6  | Circuito de alarma               |
| 59 | VSS   | Tierra                           |
| 60 | PTC0  | RTC y Memoria EEPROM             |
| 61 | PTC1  | RTC y Memoria EEPROM             |
| 62 | PTC2  | RTC y Memoria EEPROM             |
| 63 | PTC3  | RTC y Memoria EEPROM             |
| 64 | PTC5  | RTC y Memoria EEPROM             |

### 2.1.1.3.3. Características eléctricas

En la siguiente figura se recogen las características eléctricas correspondientes. Son necesarias para el correcto diseño de los circuitos que van a salir de él, así como la fuente de alimentación que lo va a hacer funcionar.

| Rating                                                                                          | Symbol    | Value                   | Unit |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|------|
| Supply voltage                                                                                  | $V_{DD}$  | -0.3 to + 5.8           | V    |
| Input voltage                                                                                   | $V_{In}$  | - 0.3 to $V_{DD}$ + 0.3 | V    |
| Instantaneous maximum current<br>Single pin limit (applies to all port pins) <sup>1, 2, 3</sup> | $I_D$     | ± 25                    | mA   |
| Maximum current into $V_{DD}$                                                                   | $I_{DD}$  | 120                     | mA   |
| Storage temperature                                                                             | $T_{stg}$ | -55 to +150             | °C   |
| Maximum junction temperature                                                                    | $T_J$     | 150                     | °C   |

**Figura 11.** Características eléctricas

### 2.1.2. Fuente de alimentación

Se ha elegido una fuente conmutada para la alimentación de este circuito. Se trata de una fuente con entrada variable de 80 a 265 V de alterna a cualquier frecuencia. Tiene dos salidas de tensión distintas: 5 y 12 V de continua, alimentación necesaria para los distintos circuitos de que se compone la tarjeta.

Esta fuente aporta un valor añadido al producto ya que, gracias a la flexibilidad de alimentación de tensión, se puede usar en cualquier país indistintamente también de la frecuencia.

En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado de las partes que componen el circuito y la transformación que va teniendo la señal de tensión al pasar por él.

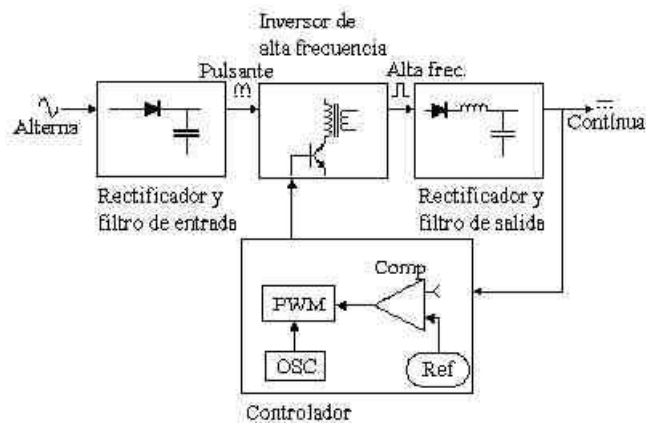


**Figura 12.** Esquema simplificado fuente conmutada

El circuito real que lleva la tarjeta se muestra en la siguiente imagen.

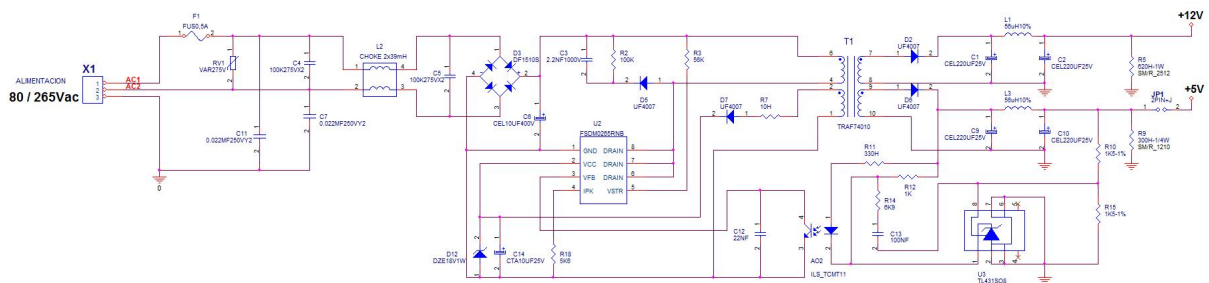


**Figura 13.** Fuente conmutada

### 2.1.3. Entradas digitales

Se necesitan un total de 9 entradas digitales al sistema para controlar las siguientes variables:

- Bloqueo caldera 1: Produce la parada de la caldera. Si el sistema es de 2 calderas, se sustituye por la otra.
- Bloqueo caldera 2: Produce la parada de la caldera. Si el sistema es de 2 calderas, se sustituye por la otra.
- Bloqueo bomba de impulsión calefacción 1. Produce la parada de la bomba.
- Bloqueo bomba de impulsión calefacción 2. Produce la parada de la bomba.
- Bloqueo bomba de impulsión A.C.S. Produce la parada de la bomba.
- Bloqueo bomba de carga caldera 1: Produce la parada de la bomba y de la caldera. Si el sistema es de 2 calderas, se sustituye por la otra.
- Bloqueo bomba de carga caldera 2: Produce la parada de la bomba y de la caldera. Si el sistema es de 2 calderas, se sustituye por la otra.
- Contador de agua
- Contador de gas.

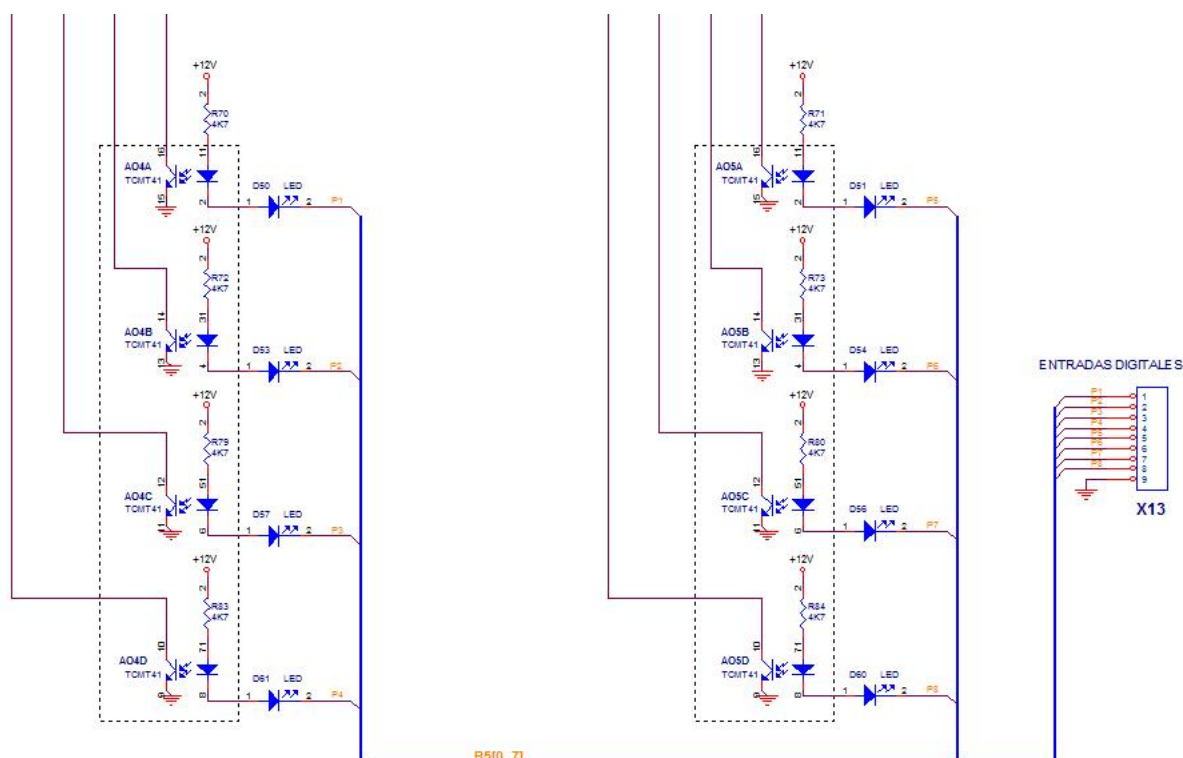


**Figura 14.** Entradas digitales al microcontrolador

Como se puede ver en la figura las entradas digitales se han realizado con acopladores ópticos, en este caso se ha usado el fototransistor TCMT41.

El acoplador óptico realiza una separación galvánica protegiendo al circuito aislándolo eléctricamente.

El resto de componentes sirven de protección y como fijación de corrientes en el circuito.

#### **2.1.4. Salidas digitales**

Estas señales corresponden con la apertura y cierre de contactos:

- Marcha/Paro caldera 1.
- Marcha/Paro caldera 2.
- Marcha/Paro bomba impulsión calefacción 1.
- Marcha/Paro bomba impulsión calefacción 2.
- Marcha/Paro bomba impulsión A.C.S.
- Marcha/Paro bomba carga caldera 1.
- Marcha/Paro bomba carga caldera 2.
- Apertura válvula mezcla calefacción 1.
- Cierre válvula mezcla calefacción 1.
- Apertura válvula mezcla calefacción 2.
- Cierre válvula mezcla calefacción 2.
- Apertura válvula mezcla A.C.S.
- Cierre válvula mezcla A.C.S.

El esquema electrónico utilizado se muestra en la siguiente figura:



**Figura 15.** Circuito de salidas digitales

Cuando se quiere activar una salida digital se actúa sobre el relé. Éste conmuta y cierra el contacto.

Se utiliza un circuito integrado (ULN2803). Este dispositivo es necesario para fijar una corriente alta para los relés.

### 2.1.5. Entradas analógicas

Se refiere a las medidas de temperatura y de presión del sistema a controlar. Corresponden a:

- Sonda de temperatura de impulsión de calefacción 1 (NTC).
- Sonda de temperatura de impulsión de calefacción 2 (NTC).
- Sonda de temperatura de retorno (NTC).
- Sonda de temperatura de impulsión de caldera (NTC).
- Sonda de temperatura de impulsión de A.C.S. (NTC).

- Sonda de temperatura exterior (NTC).
- Sonda de presión de impulsión calefacción 1 (0-10 V.c.c. ó 4-20 mA.c.c.).
- Sonda de presión de impulsión calefacción 2 (0-10 V.c.c. ó 4-20 mA.c.c.).

En la figura del esquema electrónico se puede observar que hay un switch conectado a una resistencia. Es decir, para conectar la sonda de presión hace falta acoplar una resistencia distinta a la sonda de temperatura. Es la forma de hacer unos circuitos estándar para poder usar esta misma tarjeta para otros proyectos con quizás mas sondas de presión y menos de temperatura.

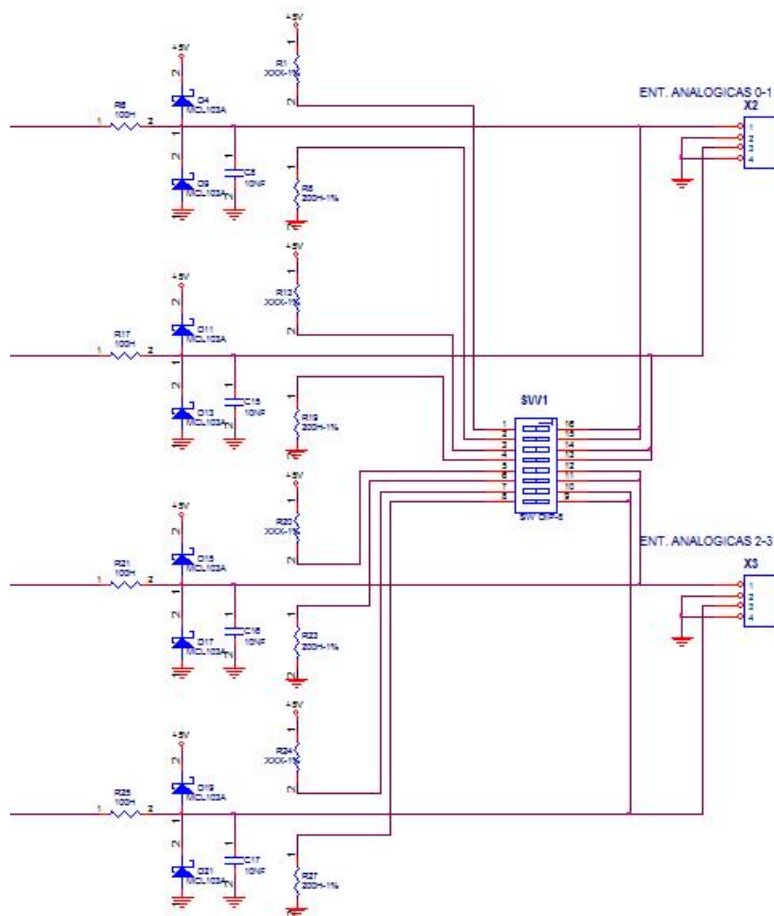


**Figura 16.** Circuito de entradas analógicas al microcontrolador

### 2.1.6. Salidas analógicas

Las señales de salida analógica del sistema a controlar son dos:

- Control llama caldera 1.
- Control llama caldera 2.

El circuito de salida de entradas analógicas se trata de un convertidor digital analógico. A continuación se puede observar el circuito:

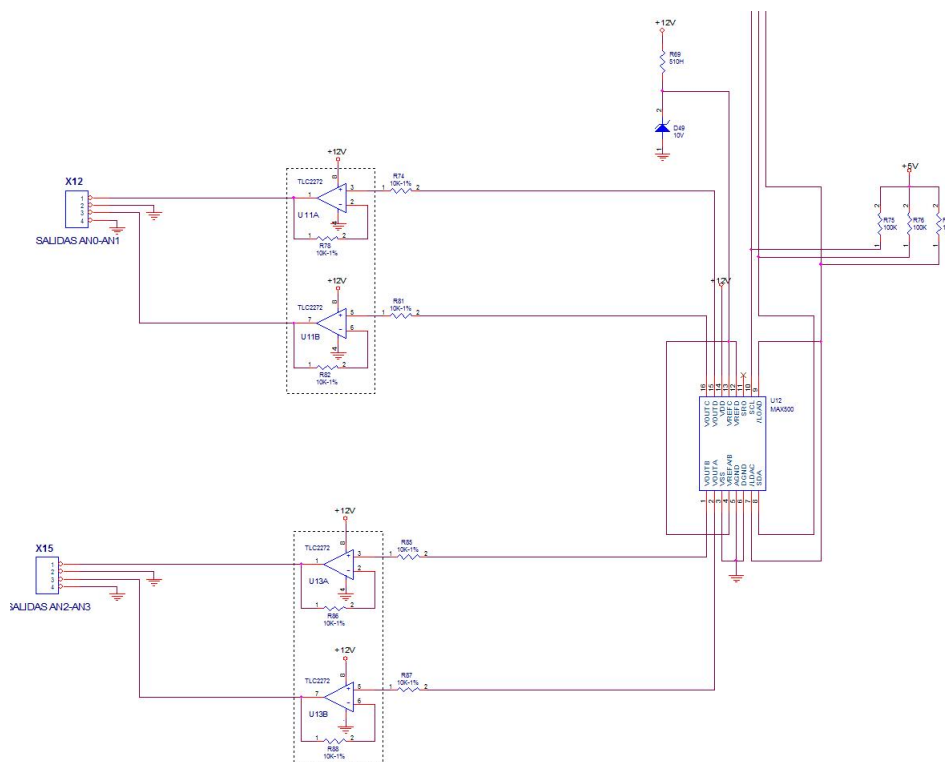


**Figura 17.** Salidas analógicas

Se trata de un conversor de 8 bits (MAX500) ya que el microcontrolador maneja datos de este tamaño. Esto quiere decir que es capaz de convertir una señal analógica de tensión en una representación de un número binario de 8 bits.

A la salida del convertidor hay un circuito seguidor de emisor con una resistencia a la entrada elevada.

Dispone de 4 salidas analógicas aunque solo se usan 2. Esto es ventajoso si se quiere usar este diseño para otro proyecto parecido de la empresa.

### 2.1.7. Comunicaciones serie RS-485

Las comunicaciones serie sirven para conectar el sistema de control a un ordenador. Estas comunicaciones son importantes para hacer un control remoto del sistema. Por ejemplo, podríamos querer encender la calefacción de una casa rural unas horas antes de llegar a ella.

Las principales ventajas que ofrece y en los que se ha basado su elección son su velocidad y distancia de alcance. El alcance es de 1200 metros y la velocidad de transmisión d hasta 10Mbps.

Se utilizará para las comunicaciones el protocolo MODBUS RTU ya que está muy normalizado en el campo industrial.

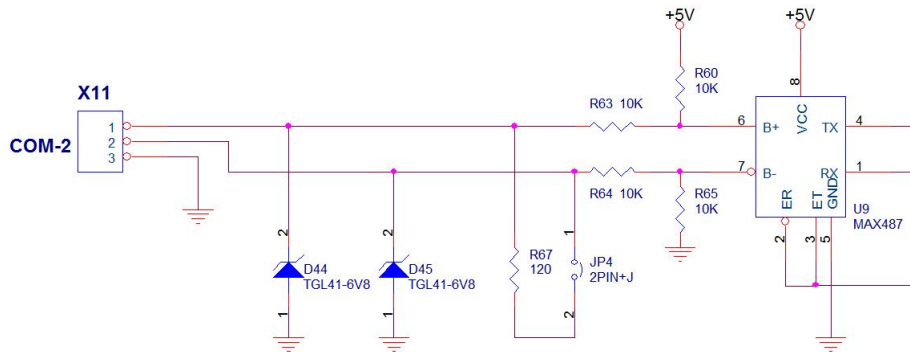


**Figura 18.** Circuito de comunicación serie RS-485

Este circuito se usa para convertir las señales TTL de salida del microcontrolador a RS-485 y viceversa.

### 2.1.8. Bus I2C

En la siguiente figura se muestra el circuito con el reloj de tiempo real externo y la memoria EEPROM.

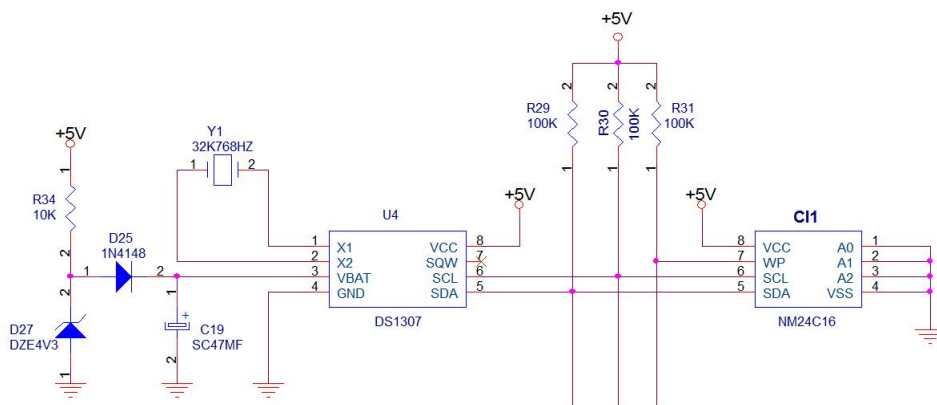


**Figura 19.** Circuito RTC con memoria EEPROM

#### 2.1.8.1. Reloj de tiempo real (RTC)

Se utiliza un reloj externo al microcontrolador. Las ventajas de usar uno son:

- Bajo consumo de energía: si al microcontrolador no le llega energía la RTC quedará alimentada por un condensador que se irá descargando poco a poco, aportando cierta autonomía.
- Liberación de carga del microcontrolador, dejándole a éste ejecutar tareas más críticas.
- Es más preciso.

Consta de 512 bits de memoria RAM. Tiene un oscilador que trabaja a 32768 Kz gracias a un cristal de cuarzo que mantiene la fecha y la hora.

### 2.1.8.2. Memoria EEPROM

Se trata de una memoria externa al microcontrolador. La utilidad de esta memoria reside en guardar todos los valores que toman las variables del sistema de control para que, en caso de que el microcontrolador deje de estar alimentado no se pierdan los valores de éstas. Así cuando se restablezca el sistema seguirá en el estado de funcionamiento en el que se encontraba antes.

### 2.1.9. Circuito fijación de tensión de referencia a 4V

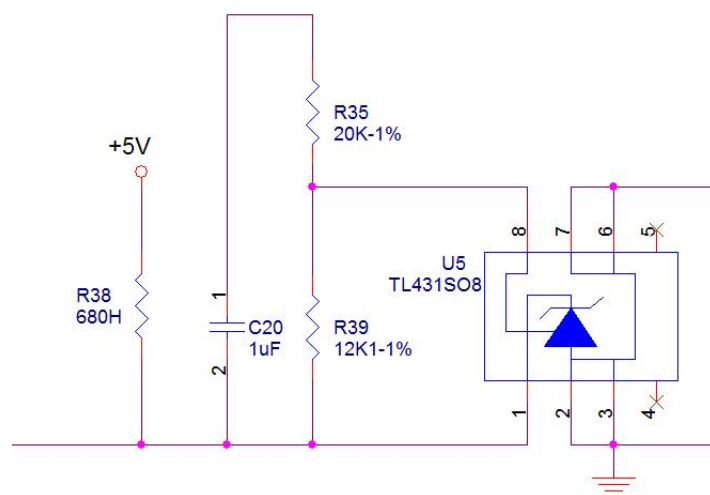


**Figura 20.** Circuito para fijar la tensión de referencia a 4V

Este circuito fija la tensión de referencia a 4 V.

### 2.1.10. Circuito para quitar ruido del exterior

Se trata de un filtro necesario para evitar ruidos externos a la tarjeta.

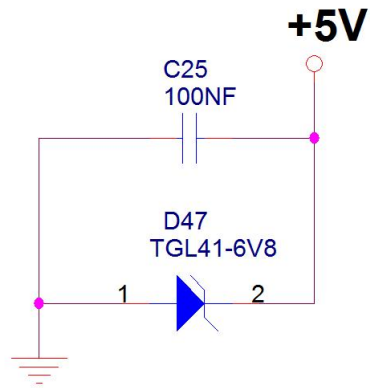


**Figura 21.** Circuito para quitar ruido externo

### 2.1.11. Circuito alarma

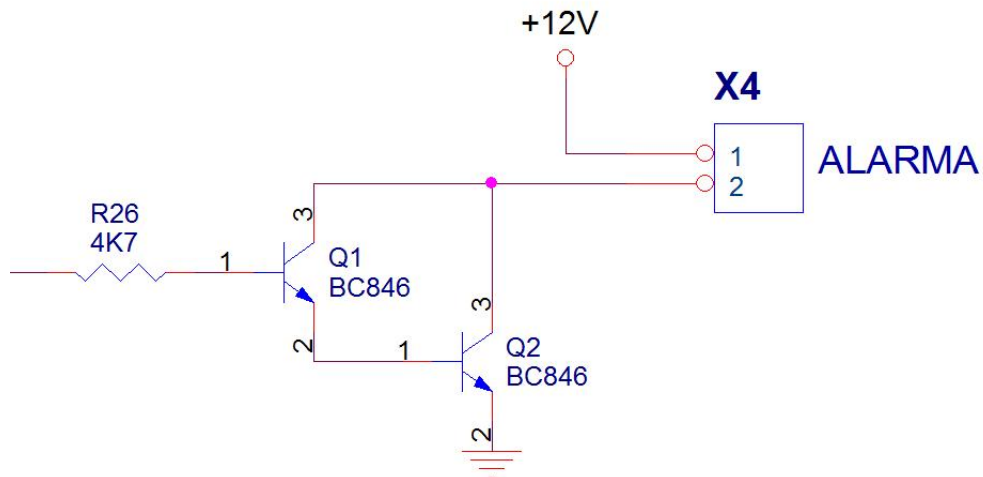


**Figura 22.** Circuito de alarma

Este circuito se usa para poder tener una señal externa de alarma.

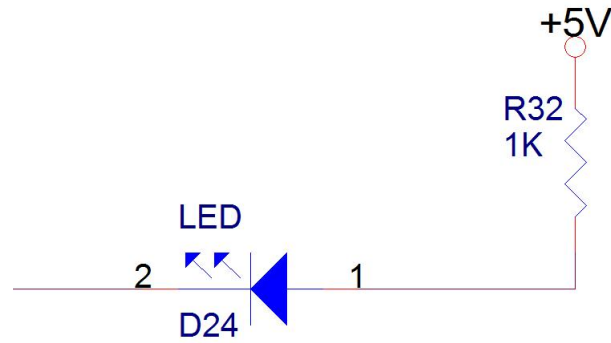


**Figura 23.** Led del circuito de alarma

El led se ilumina en señal de que ha ocurrido algún problema.

### 2.1.12. Circuito programación del microcontrolador

En la siguiente figura se muestra el circuito que se usa para poder programar el microcontrolador

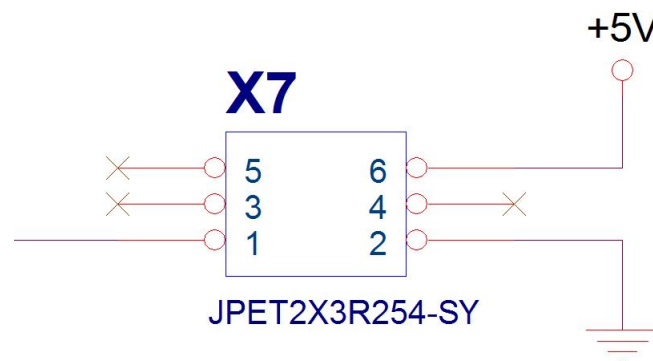


**Figura 24.** Circuito programación del microcontrolador

### 2.1.13. Circuito reset

Este circuito se usa por recomendación del datasheet del microcontrolador: RC filters on RESET and IRQ are recommended for EMC-sensitive applications".

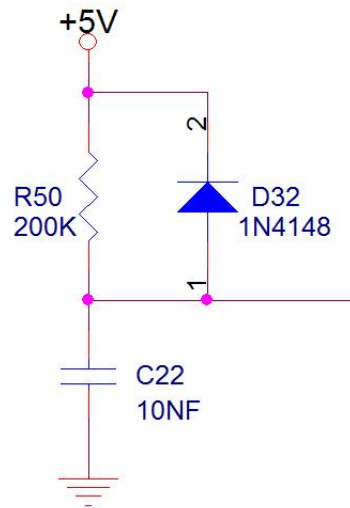


**Figura 25.** Circuito reset

### 2.1.14. Circuito salida al display

Este circuito es necesario para acoplar el display a esta tarjeta

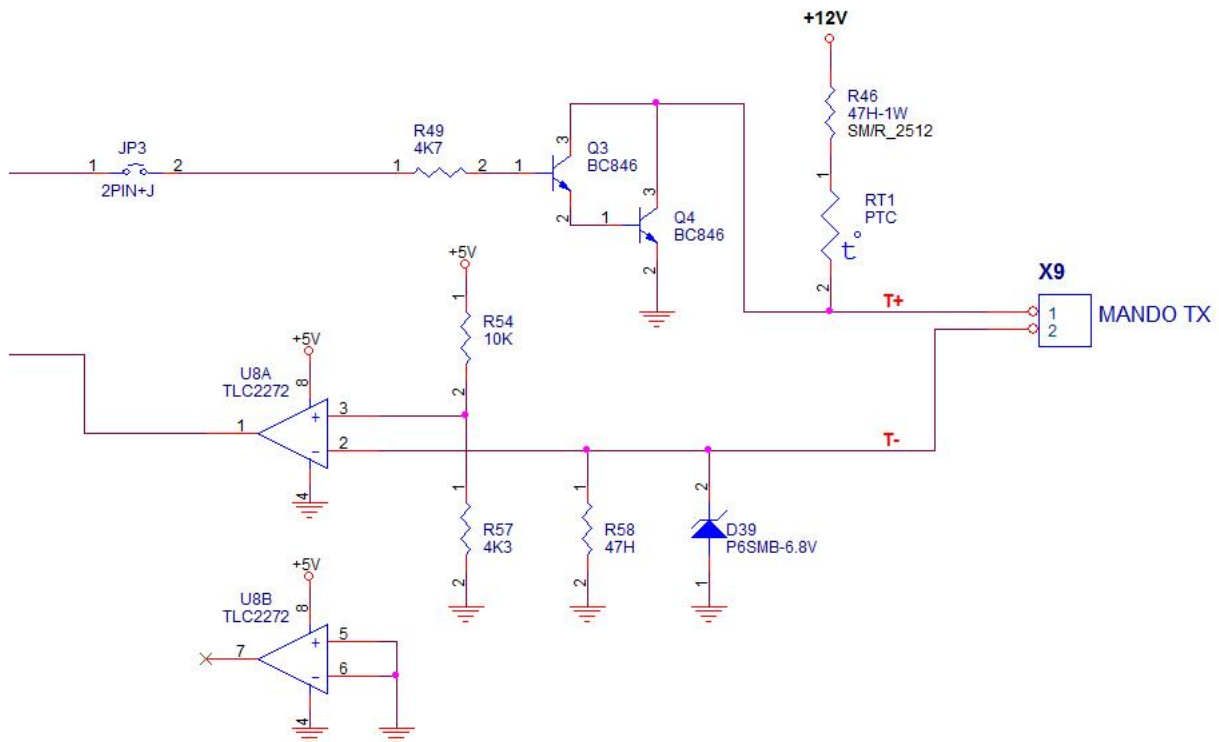


**Figura 26.** Circuito salida al display

## 2.2. Display

Por falta de espacio en la caja donde va todo el circuito hardware, se decidió usar un display externo. Este display fue diseñado por la empresa Sistena con anterioridad al presente proyecto.



**Figura 27.** Foto del display

## 2.3. Lista de materiales

Una vez acabado el diseño hardware con OrCAD se creó la lista de materiales para poder comprar los distintos componentes necesarios para, más adelante, poder implementarlos en la tarjeta.

La lista de materiales se encuentra en un anejo más adelante.

## 2.4. Diseño del layout de la tarjeta

Esta parte se realizó a través del programa "Layout" de OrCAD.

Se decidió hacer un diseño de solo dos capas para ahorrar costes, aunque tampoco habrían hecho falta más.

Se pueden ver los resultados obtenidos con el programa "Layout" en la parte correspondiente a los planos del proyecto.

## 2.5. Fabricación de la PCB

### 2.5.1. Circuito impreso

Una vez realizado el diseño de las pistas en la tarjeta se mandó fabricar la pcb a una empresa externa.

El circuito impreso se puede ver en las siguientes fotografías:

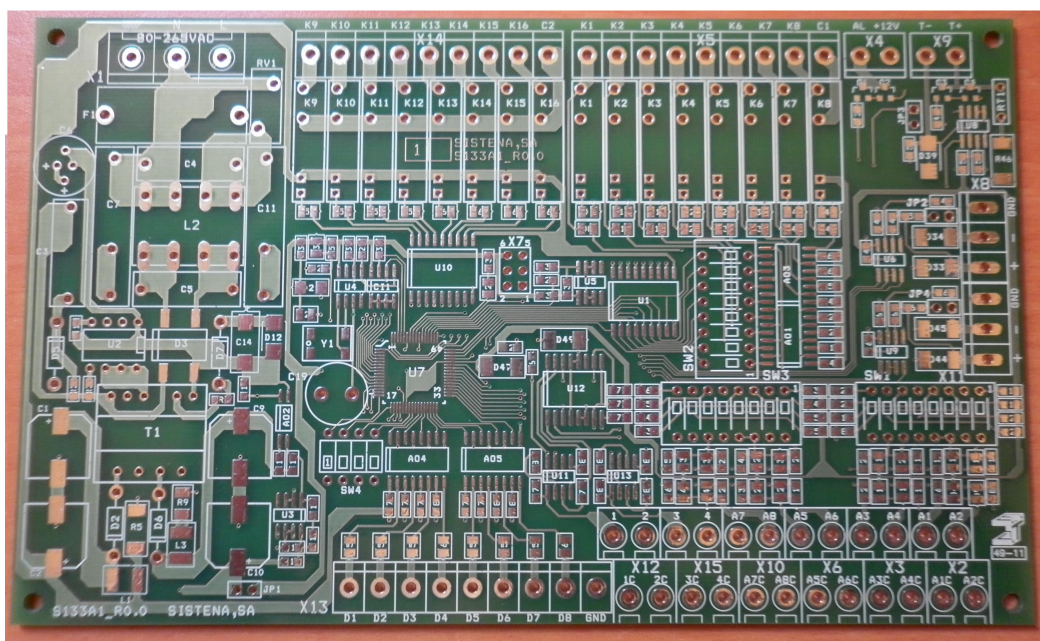


**Figura 28.** Cara delantera layout

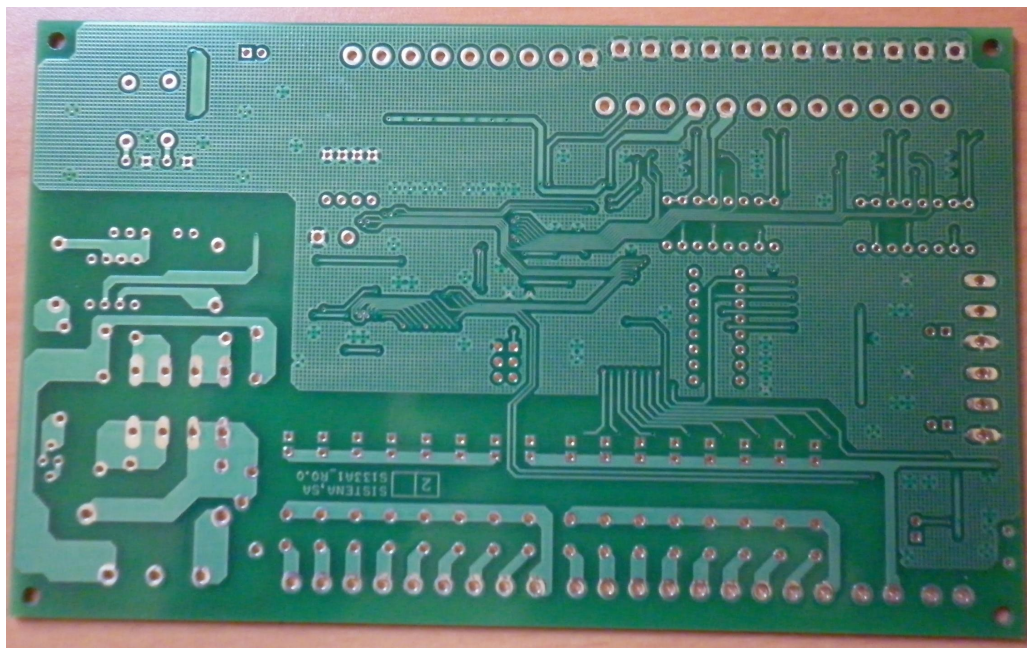


**Figura 29.** Cara trasera layout

### 2.5.2. Colocación de componentes en la tarjeta

Esta parte se realiza en la propia empresa Sistena. En estos momentos se han colocado ya todos los componentes SMD.

### 2.5.3. Tarjeta en estos momentos

Como se puede ver, falta por montar los componentes de inserción.

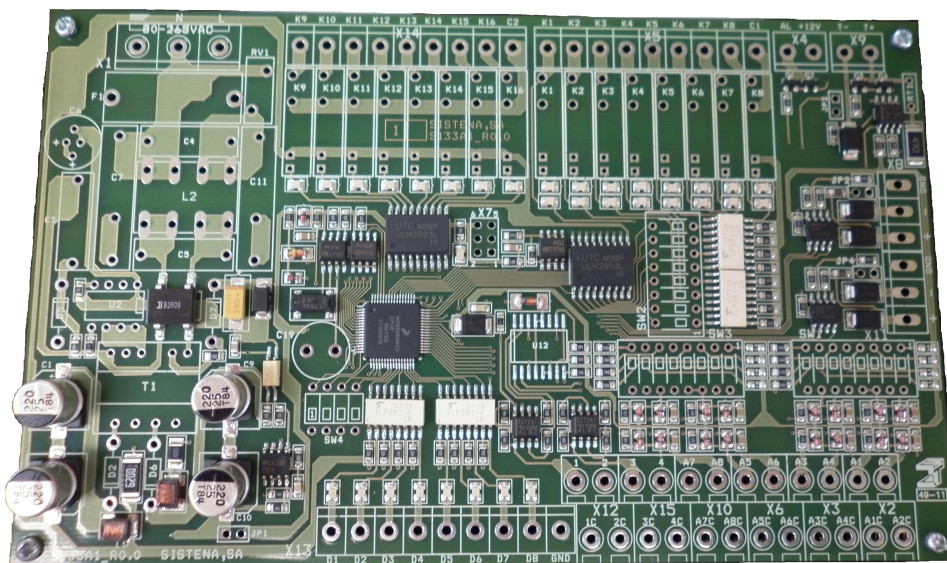


**Figura 30.** Tarjeta actual



# Capítulo 3

## Descripción del software

**E**N ESTE capítulo se va a hacer una descripción del funcionamiento de la parte correspondiente a la programación del microprocesador.

Esta programación se ha realizado en un lenguaje de bajo nivel (ensamblador) para reducir el espacio en memoria necesario y así usar un microprocesador más barato. El datasheet del microprocesador incluye parte de las instrucciones de lenguaje ensamblador correspondiente a la programación de este microprocesador específico. Para mayor información se incluye el enlace en la bibliografía [8].

### 3.1. Microcontrolador

A continuación se detallan algunas de las características del microprocesador con respecto al software que conciernen a este proyecto, las necesarias para poder realizar la programación con éxito.

#### 3.1.1. Memoria

Se trata de un microcontrolador de 8 bits lo que implica que la ALU, el bus de datos y los registros son de 8 bits.

La memoria flash suma un total de 60 KB y la RAM 2 KB.

Se muestra a continuación una imagen de cómo está distribuida la memoria en el microprocesador.

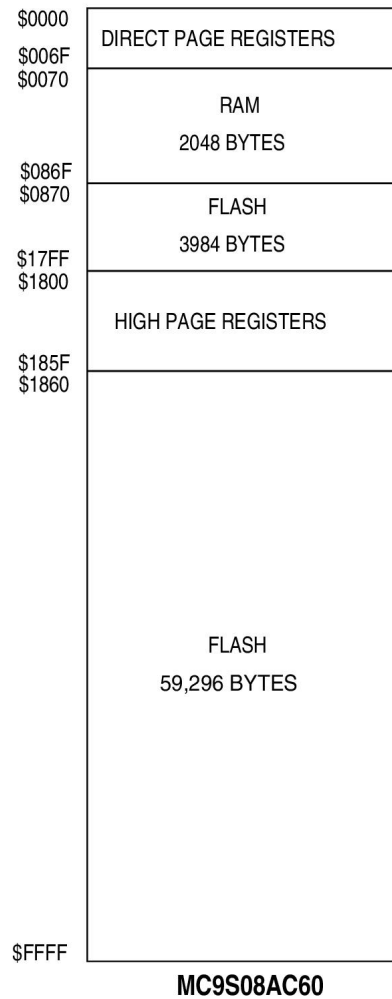


**Figura 31.** Mapa de memoria del microprocesador

Se puede observar que la memoria total se divide en RAM y memoria FLASH. Existe también, aunque no aparece en la figura, una parte de memoria correspondiente a ROM para uso interno del microprocesador.

### 3.1.2. Interrupciones

Las interrupciones que se necesitan para el programa son las siguientes:

| Dirección (alta/baja) | Vector            | Nombre de la variable en código |
|-----------------------|-------------------|---------------------------------|
| 0xFFD0:FFD1           | Conversión ADC1   | INTAD                           |
| 0xFFD6:FFD7           | Recepción de SCI2 | RECEP2                          |
| 0xFFDC:FFDD           | Recepción de SCI1 | RECEP1                          |
| 0xFFE8:FFE9           | Overflow de TPM1  | TIMER                           |
| 0xFFFE:FFFF           | Reset             | START                           |

## 3.2. Asignación de registros

Los registros son un banco de memoria de acceso rápido.

Los que se han usado se muestran en la siguiente tabla.

| Dirección de memoria | Nombre del registro | Correspondencia programa   |
|----------------------|---------------------|----------------------------|
| 0x0000               | PTAD                | PUERTO A                   |
| 0x0001               | PTADD               | DIRECCIONES PUERTO A       |
| 0x0002               | PTBD                | PUERTO B                   |
| 0x0003               | PTBDD               | DIRECCIONES PUERTO B       |
| 0x0004               | PTCD                | PUERTO C                   |
| 0x0005               | PTCDD               | DIRECCIONES PUERTO C       |
| 0x0006               | PTDD                | PUERTO D                   |
| 0x0007               | PTDDD               | DIRECCIONES PUERTO D       |
| 0x0008               | PTED                | PUERTO E                   |
| 0x0009               | PTEDD               | DIRECCIONES PUERTO E       |
| 0x000A               | PTFD                | PUERTO F                   |
| 0x000B               | PTFDD               | DIRECCIONES PUERTO F       |
| 0x000C               | PTGD                | PUERTO G                   |
| 0x000D               | PTGDD               | DIRECCIONES PUERTO G       |
| 0x0010               | ADCSC1              | CONTROL ADC                |
| 0x0012               | ADCRH               | RESULTADO CONVERSION (MSB) |
| 0x0013               | ADCRL               | RESULTADO CONVERSION (LSB) |
| 0x0016               | ADCCFG              | CONFIGURACION ADC          |
| 0x0017               | APCTL1              | PINES ANALOGICOS           |
| 0x0018               | APCTL2              | PINES ANALOGICOS           |
| 0x0020               | TPM1SC              | CONTROL TIMER1             |
| 0x0023               | TPM1MODH            | DIVISOR TIMER1 (MSB)       |
| 0x0024               | TPM1MODL            | DIVISOR TIMER1 (LSB)       |

|        |         |                       |
|--------|---------|-----------------------|
| 0x0038 | SCI1BDH | BAUD RATE UART1 (MSB) |
| 0x0039 | SCI1BDL | BAUD RATE UART1 (LSB) |
| 0x003A | SCI1C1  | CONTROL UART1         |
| 0x003B | SCI1C2  | CONTROL UART1         |
| 0x003C | SCI1S1  | ESTADO UART1          |
| 0x003D | SCI1S2  | ESTADO UART1          |
| 0x003E | SCI1S3  | CONTROL ERRORES UART1 |
| 0x003F | SCI1D   | DATOS UART2           |
| 0x0040 | SCI2BDH | BAUD RATE UART2 (MSB) |
| 0x0041 | SCI2BDL | BAUD RATE UART2 (LSB) |
| 0x0042 | SCI2C1  | CONTROL UART2         |
| 0x0043 | SCI2C2  | CONTROL UART2         |
| 0x0044 | SCI2S1  | ESTADO UART2          |
| 0x0045 | SCI2S2  | ESTADO UART2          |
| 0x0046 | SCI2S3  | CONTROL ERRORES UART2 |
| 0x0047 | SCI2D   | DATOS UART2           |
| 0x0048 | ICGC1   | CONTROL CLOCK         |
| 0x0049 | ICGC2   | CONTROL PLL           |
| 0x1800 | WDOG    | RESET WATCH-DOG       |
| 0x1802 | SOPT    | CONTROL WATCH-DOG     |
| 0x180C | SOPT2   | CONTROL WATCH-DOG     |
| 0x1840 | PTAPE   | PULL-UP PUERTO A      |
| 0x1844 | PTBPE   | PULL-UP PUERTO B      |
| 0x1848 | PTCPE   | PULL-UP PUERTO C      |
| 0x184C | PTDPE   | PULL-UP PUERTO D      |
| 0x1850 | PTEPE   | PULL-UP PUERTO E      |
| 0x1854 | PTFPE   | PULL-UP PUERTO F      |
| 0x1858 | PTGPE   | PULL-UP PUERTO G      |

### 3.3. Flujogramas del software

En esta sección se muestran las partes significativas de la programación en forma de diagramas de flujo.

### 3.3.1. Programa principal

A continuación se muestra un esquema del programa principal.

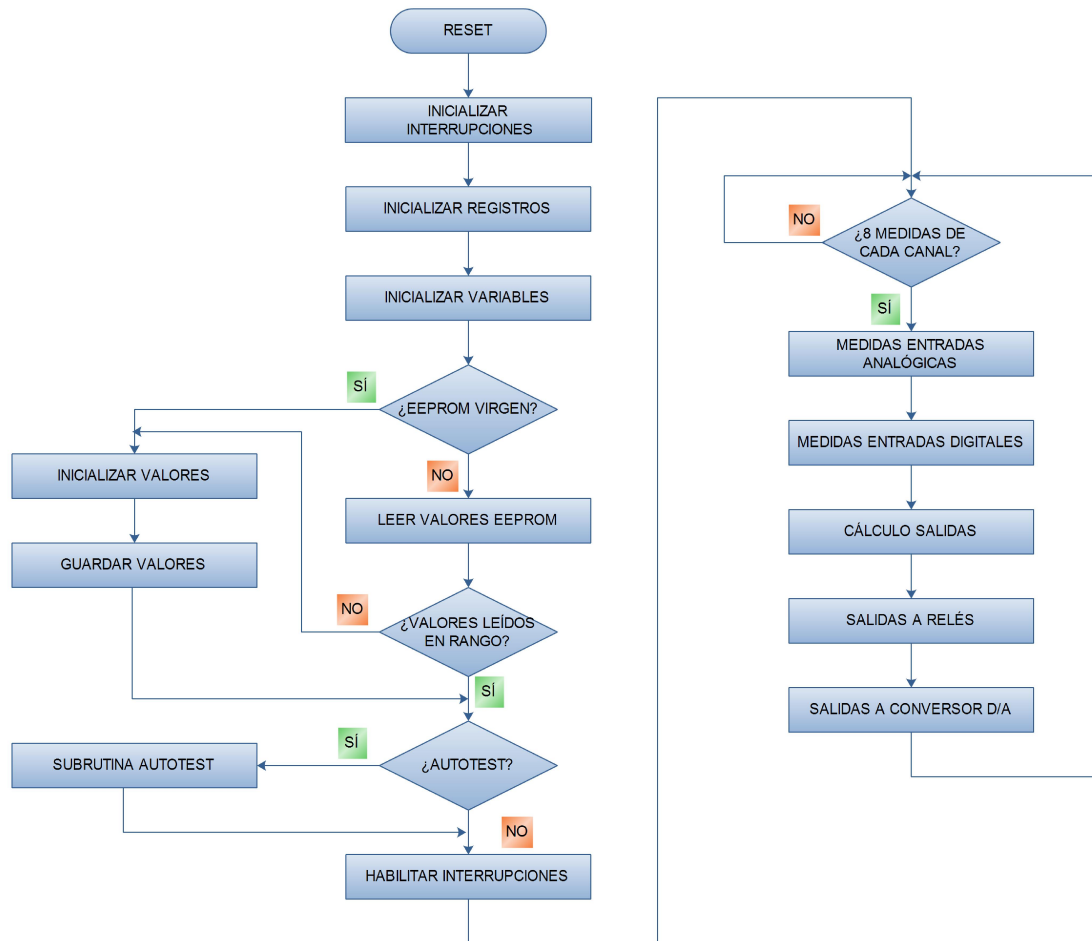


**Figura 32.** Programa principal

A modo de explicación del mismo, se realizan las inicializaciones necesarias de interrupciones, registros, variables y memoria eeprom. Se comprueba si la memoria eeprom está grabada o si está virgen. Si está virgen entonces se graban unos valores por defecto y se guardan. Si no, se leen los valores y se comprueba si están en rango.

Después se realiza o no el autotest. Sirve para verificar de forma rápida el hardware de la tarjeta. Se activan uno a uno los relés y se realimentan a las salidas digitales de forma que lees la salida y compruebas si está bien.

Por último, antes de comenzar el programa de control se habilitan las interrupciones. Entonces se espera a leer 8 medidas de cada canal (entradas analógicas).

Cuando se tienen todas las medidas analógicas procesadas se miden las entradas digitales que corresponde al bloqueo de las calderas y bombas.

Se realizan los correspondientes cálculos de las salidas del control y, por último, se activan las salidas necesarias a relés (marcha/paro de las calderas, bombas y válvulas) y al conversor D/A que regula la llama de las calderas.

### 3.3.2. Interrupciones

Este diagrama muestra las interrupciones que realiza el micro, las cuales no tienen por qué ir una detrás de otra.

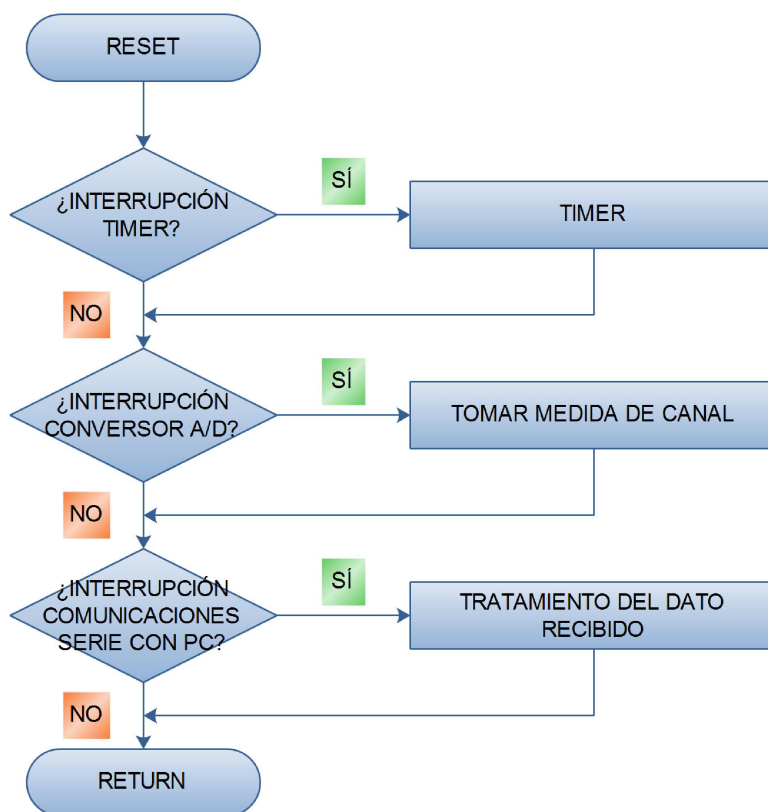


**Figura 33.** Interrupciones

### 3.3.3. Medidas analógicas

En el siguiente diagrama se hace una breve descripción del funcionamiento de la parte de programa referente a las medidas analógicas.

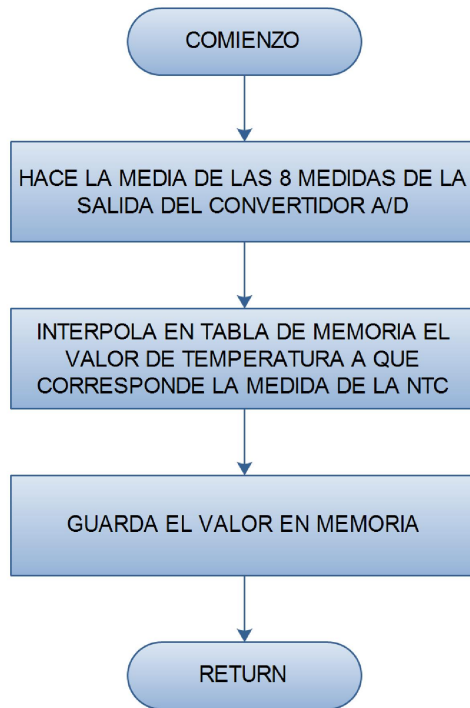


**Figura 34.** Medidas analógicas

#### 3.3.4. Bus I2C

El siguiente flujograma se refiere al bus I2C, que corresponde con la memoria EEPROM y la RTC.

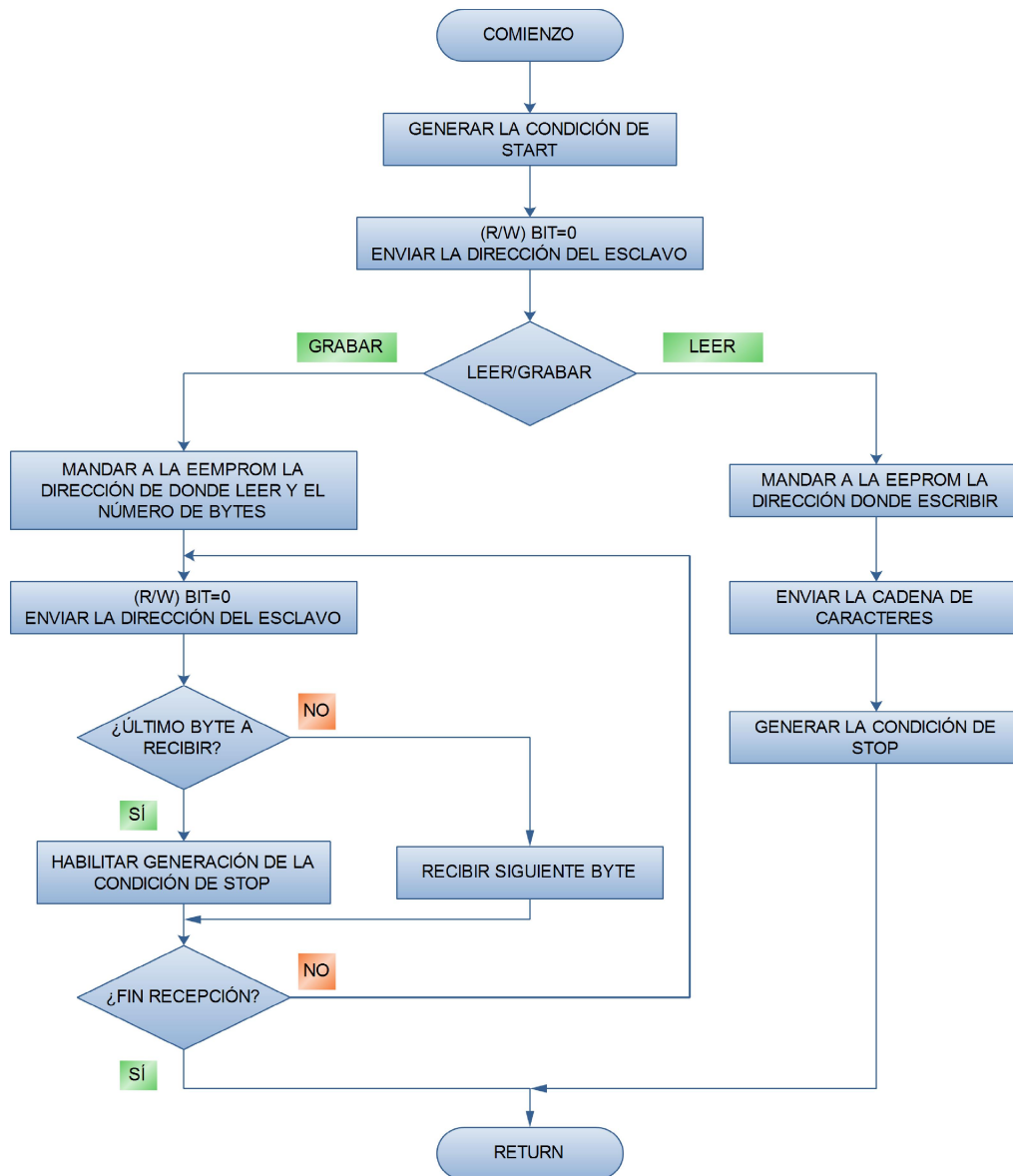


Figura 35. Bus I2C

### 3.4. Cyclone pro

Se trata de un aparato para poder volcar el programa en el micro. No ha dado tiempo a usarlo ya que falta por terminar de montar los componentes de inserción en la tarjeta.



**Figura 36.** Cyclone Pro de Freescale

Se conecta al ordenador vía Ethernet, USB ó puerto serie.



# Capítulo 4

## Cálculos

EN ESTE capítulo se detallan los cálculos que han sido necesarios ir haciendo a lo largo del proyecto para llegar a las distintas soluciones planteadas durante el proyecto.

### 4.1. Circuito reset

Se aconseja usar este circuito según el fabricante del microcontrolador para aplicaciones de sensibilidad de EMC.

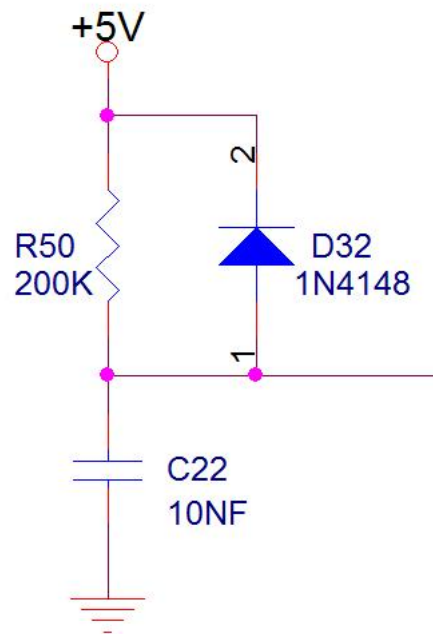


**Figura 37.** Circuito en la salida del pin de reset

## 4.2. Convertidor digital analógico

La salida va de 0 a 10 V por lo que se ha hecho la misma división para ir en digital de 0 a 0xFF.

Algo en el datasheet?

## 4.3. Medidas de las entradas analógicas de temperatura

El sensor de temperatura es una NTC. La relación entre la temperatura y la resistencia de ésta es exponencial, por lo que se necesita una tabla de conversión entre ellos.

Se ha diseñado partiendo de una termorresistencia NTC con un valor de 10 K a 25°C y una B de 3980.

Se ha usado la siguiente tabla de conversión propia de la empresa Sistena:

## R-T CONVERSION TABLE

R25=10.00K  $\Omega$ 

B25/100=3988K

| TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) | TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) | TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) | TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) |
|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|
| -50    | 697.8             | -22    | 110.6             | 6      | 24.29             | 34     | 6.809             |
| -49    | 648.9             | -21    | 104.2             | 7      | 23.11             | 35     | 6.531             |
| -48    | 603.8             | -20    | 98.26             | 8      | 22.00             | 36     | 6.268             |
| -47    | 562.1             | -19    | 92.70             | 9      | 20.96             | 37     | 6.015             |
| -46    | 523.5             | -18    | 87.49             | 10     | 19.98             | 38     | 5.774             |
| -45    | 488.0             | -17    | 82.59             | 11     | 19.03             | 39     | 5.545             |
| -44    | 455.0             | -16    | 78.01             | 12     | 18.14             | 40     | 5.326             |
| -43    | 424.5             | -15    | 73.70             | 13     | 17.30             | 41     | 5.116             |
| -42    | 396.5             | -14    | 69.66             | 14     | 16.50             | 42     | 4.916             |
| -41    | 370.0             | -13    | 65.88             | 15     | 15.75             | 43     | 4.726             |
| -40    | 345.8             | -12    | 62.30             | 16     | 15.04             | 44     | 4.541             |
| -39    | 323.3             | -11    | 58.96             | 17     | 14.35             | 45     | 4.368             |
| -38    | 302.3             | -10    | 55.81             | 18     | 13.70             | 46     | 4.200             |
| -37    | 282.9             | -9     | 52.85             | 19     | 13.09             | 47     | 4.041             |
| -36    | 265.0             | -8     | 50.08             | 20     | 12.51             | 48     | 3.888             |
| -35    | 248.1             | -7     | 47.45             | 21     | 11.95             | 49     | 3.741             |
| -34    | 232.5             | -6     | 44.96             | 22     | 11.43             | 50     | 3.601             |
| -33    | 218.1             | -5     | 42.64             | 23     | 10.94             | 51     | 3.468             |
| -32    | 204.5             | -4     | 40.46             | 24     | 10.46             | 52     | 3.339             |
| -31    | 191.9             | -3     | 38.39             | 25     | 10.00             | 53     | 3.218             |
| -30    | 180.3             | -2     | 36.44             | 26     | 9.578             | 54     | 3.099             |
| -29    | 169.3             | -1     | 34.61             | 27     | 9.170             | 55     | 2.986             |
| -28    | 159.1             | 0      | 32.89             | 28     | 8.781             | 56     | 2.879             |
| -27    | 149.6             | 1      | 31.24             | 29     | 8.413             | 57     | 2.775             |
| -26    | 140.6             | 2      | 29.69             | 30     | 8.059             | 58     | 2.676             |
| -25    | 132.4             | 3      | 28.21             | 31     | 7.724             | 59     | 2.580             |
| -24    | 124.6             | 4      | 26.84             | 32     | 7.404             | 60     | 2.490             |
| -23    | 117.3             | 5      | 25.53             | 33     | 7.098             | 61     | 2.403             |

R25=10.00K  $\Omega$ 

B25/100=3988K

PAGE2

| TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) | TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) | TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) | TX(°C) | Rnom(K $\Omega$ ) |
|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|
| 61     | 2.403             | 84     | 1.107             | 107    | 0.5564            | 129    | 0.3084            |
| 62     | 2.318             | 85     | 1.073             | 108    | 0.5409            | 130    | 0.3008            |
| 63     | 2.235             | 86     | 1.040             | 109    | 0.5260            | 131    | 0.2931            |
| 64     | 2.160             | 87     | 1.008             | 110    | 0.5115            | 132    | 0.2859            |
| 65     | 2.085             | 88     | 0.9766            | 111    | 0.4976            | 133    | 0.2788            |
| 66     | 2.013             | 89     | 0.9469            | 112    | 0.4839            | 134    | 0.2719            |
| 67     | 1.944             | 90     | 0.9181            | 113    | 0.4709            | 135    | 0.2653            |
| 68     | 1.878             | 91     | 0.8905            | 114    | 0.4581            | 136    | 0.2588            |
| 69     | 1.815             | 92     | 0.8638            | 115    | 0.4459            | 137    | 0.2525            |
| 70     | 1.754             | 93     | 0.8380            | 116    | 0.4338            | 138    | 0.2463            |
| 71     | 1.695             | 94     | 0.8130            | 117    | 0.4223            | 139    | 0.2405            |
| 72     | 1.639             | 95     | 0.7889            | 118    | 0.4113            | 140    | 0.2346            |
| 73     | 1.585             | 96     | 0.7658            | 119    | 0.4004            | 141    | 0.2291            |
| 74     | 1.533             | 97     | 0.7433            | 120    | 0.3899            | 142    | 0.2238            |
| 75     | 1.483             | 98     | 0.7216            | 121    | 0.3796            | 143    | 0.2185            |
| 76     | 1.434             | 99     | 0.7006            | 122    | 0.3698            | 144    | 0.2133            |
| 77     | 1.388             | 100    | 0.6804            | 123    | 0.3600            | 145    | 0.2081            |
| 78     | 1.343             | 101    | 0.6609            | 124    | 0.3508            | 146    | 0.2033            |
| 79     | 1.300             | 102    | 0.6419            | 125    | 0.3419            | 147    | 0.1986            |
| 80     | 1.259             | 103    | 0.6236            | 126    | 0.3330            | 148    | 0.1940            |
| 81     | 1.219             | 104    | 0.6061            | 127    | 0.3245            | 149    | 0.1896            |
| 82     | 1.180             | 105    | 0.5890            | 128    | 0.3165            | 150    | 0.1851            |
| 83     | 1.143             | 106    | 0.5725            |        |                   |        |                   |

|               |          |
|---------------|----------|
| SISTENA, S.A. |          |
| PROYECTO      | 569      |
| FECHA         | 10-12-01 |
| REVISADO      |          |
| RP0302-1      |          |

Fast response  
High temperature  
accuracy between 0 °C  
and 70 °C  
Excellent long-term  
stability

Para operación

del Dpto. Técnico \*RNTSIS01/3K3%

Codificación \*RNTSIS01/10K3%

## 4.4. Control PI

Se usa el control PI para regular:

1. las temperaturas de salidas de las calderas
2. las válvulas de impulsión

La ecuación usada para realizar este control ha sido la siguiente:

$$Salida = K_p \left( Error - Error_{anterior} + \frac{Error}{T_i} \right)$$

## 4.5. Medidas de las entradas analógicas de presión

Es una sonda lineal, por lo que solo es necesario saber el inicio y fin de escala para poder hacer la conversión entre la medida que sale del conversor A/D (dentro ya del microcontrolador) y la medida real que interesa conocer.

## 4.6. Cálculo resistencias de PULL-UP

Estas resistencias se usan para elevar la tensión en la entrada de un circuito lógico.

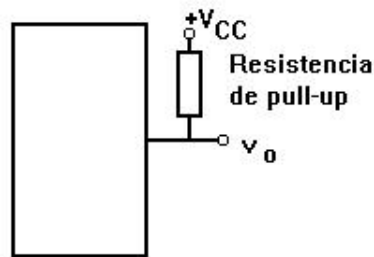


**Figura 38.** Circuito con resistencia PULL-UP

### 4.6.1. Salida conversor D/A (salidas analógicas)

Las variables son las siguientes teniendo en cuenta que el circuito lógico en este caso es el microcontrolador:

- $V_{cc} = 5V$
- $V_o = 2V$

- $I = 1\mu A$
- $R_{PULL-UP}$

La ecuación que liga todas las variables:

$$V_{cc} - V_o = I \cdot R_{PULL-UP}$$

Por lo que:

$$R_{PULL-UP} \leq \frac{V_{cc}-V_o}{I} = \frac{5-2}{1\mu A}$$

La resistencia debe ser:

$$R_{PULL-UP} \leq 3M\Omega$$

Finalmente se ha elegido una resistencia algo menor para que el consumo no sea excesivo y, a la vez suficiente para la aplicación que va a tener:

$$R_{PULL-UP} = 100K\Omega$$

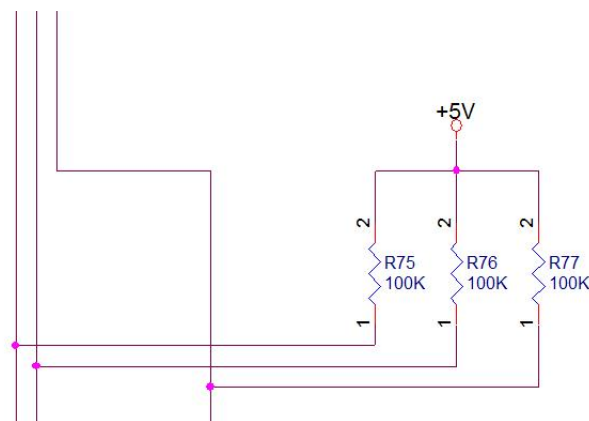


**Figura 39.** Resistencias del microcontrolador al conversor D/A

### 4.6.2. Resistencias bus I2C

Se trata del mismo caso que antes, por lo que el cálculo es el mismo por lo que:

$$R_{PULL-UP} = 100K\Omega$$

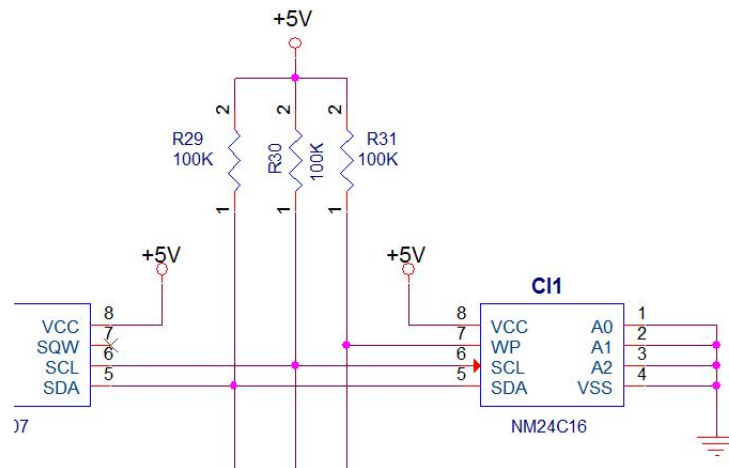


**Figura 40.** Resistencias del microcontrolador al bus I2C

### 4.7. Cálculo resistencia del circuito de alarma

Este circuito se coloca en un pin del microcontrolador por lo que la resistencia sirve para limitar la corriente y proteger al micro.

Se impone que circule una corriente de 3 mA.

$$R_{32} = \frac{V_{CC} - V_{DIODO} - V_M}{I} = \frac{5 - 14 - 0,6}{3mA}$$

Por lo que:

$$R_{32} = 1K\Omega$$

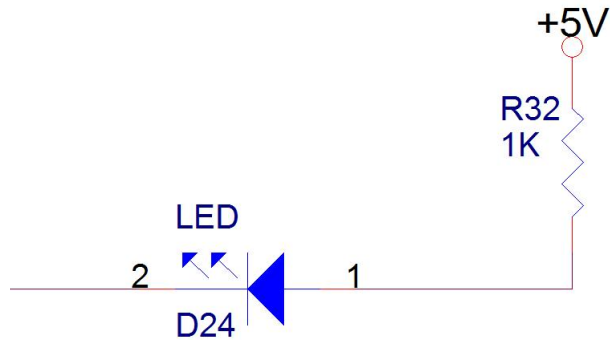


**Figura 41.** Circuito de alarma

## 4.8. Cálculo del día de la semana

Para programar los distintas tareas de funcionamiento de la caldera se necesita saber el día de la semana correspondiente al día del mes y del año. Para ello existe un algoritmo creado que se resume a continuación.

## 4.9. Meses correspondientes

Se aplica a los meses del calendario que empiezan en el mismo día de la semana. Los meses son correspondientes si el número de días entre ellos es divisible entre 7. Por ejemplo, febrero corresponde con marzo ya que febrero tiene 28 días, es decir, es divisible entre 7.

### En año normal

- Enero y octubre
- Febrero, marzo y noviembre
- Abril y julio
- Septiembre y diciembre
- Mayo, junio y agosto no tienen correspondencia con ningún mes

### En año bisiesto

- Enero, abril y julio
- Febrero y agosto
- Marzo y noviembre

- Septiembre y diciembre
- Mayo, junio y octubre no tienen correspondencia con ningún mes

#### 4.9.1. Procedimiento

El algoritmo a aplicar es el siguiente:

$$d = \left( (A - 1) \% 7 + \left( \frac{A-1}{4} - \frac{3 \cdot \left( \frac{A-1}{100} + 1 \right)}{4} \right) \% 7 + M + D \% 7 \right) \% 7$$

Donde:

- $d$  = día de la semana que se quiere calcular.  $d = 0$  corresponde a domingo
- $A$  = año
- $\%7$  = hay que quedarse con el resto de la división entre 7.
- $M$  = hacer  $\%7$  al mes del que se quiere calcular el día de la semana
- $D$  = día numérico del mes

#### 4.9.2. Ejemplo

Calcular el día de la semana para el 25 de mayo de 2006

- $A = 2007$
- $M = 1$
- $D = 25$

$$((A - 1) \% 7 = 2006 \% 7 = 4$$

$$\left( \frac{A-1}{4} - \frac{3 \cdot \left( \frac{A-1}{100} + 1 \right)}{4} \right) \% 7 = 3$$

$$D \% 7 = 25 \% 7 = 4$$

$$d = (4 + 3 + 1 + 4) \% 7 = 5$$

Por lo que el 25 de mayo de 2006 fue viernes.



## Capítulo 5

### Resultados

**E**N ESTE capítulo se resumen los resultados obtenidos.

El esquema del hardware desarrollado se muestra a continuación. Se puede ver la fuente conmutada de alimentación arriba en el centro, el microcontrolador en el centro de la imagen de donde parten el resto de circuitos. A la derecha se encuentran las entradas analógicas y abajo a la derecha las entradas digitales. En la parte de abajo central se encuentran las dos salidas analógicas de control de las llamas de las calderas. En la parte izquierda inferior se muestran salidas digitales. Y la parte superior son circuitos con posibilidad de usarlos como entradas o salidas digitales. Se ha diseñado así para poder reutilizar este hardware en la empresa para otros proyectos similares.

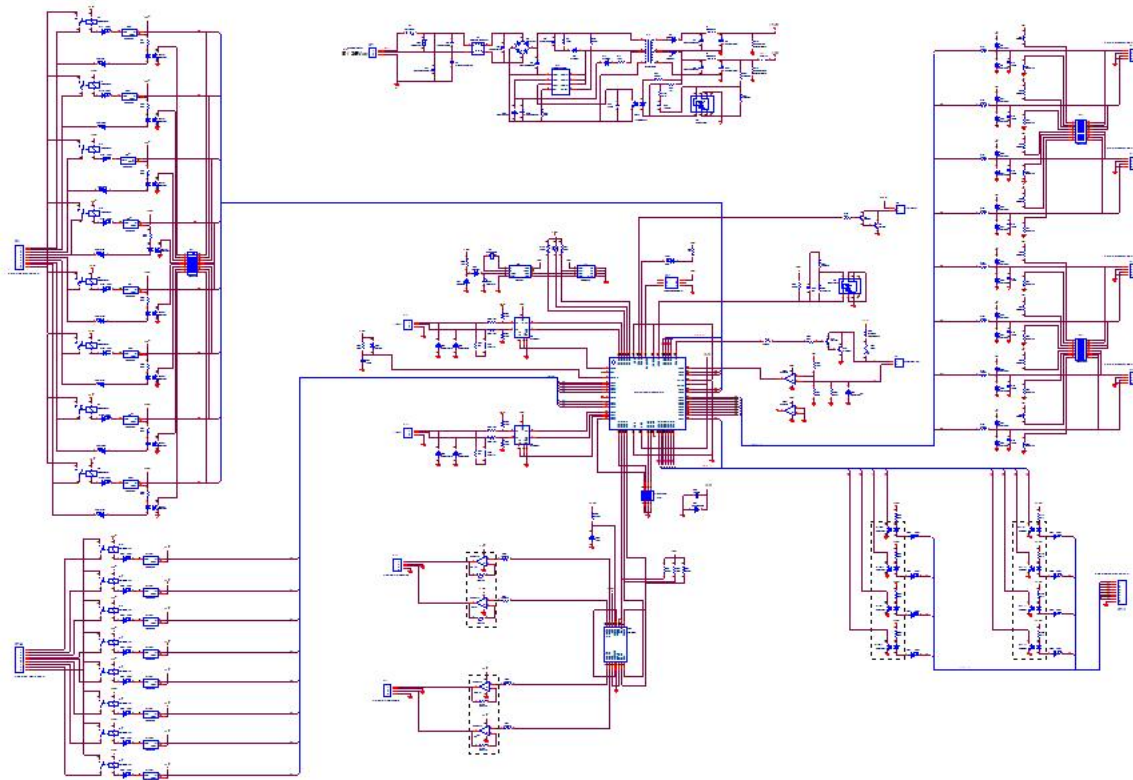


**Figura 42.** Esquema genérico hardware

La pcb fabricada para unas dimensiones específicas:

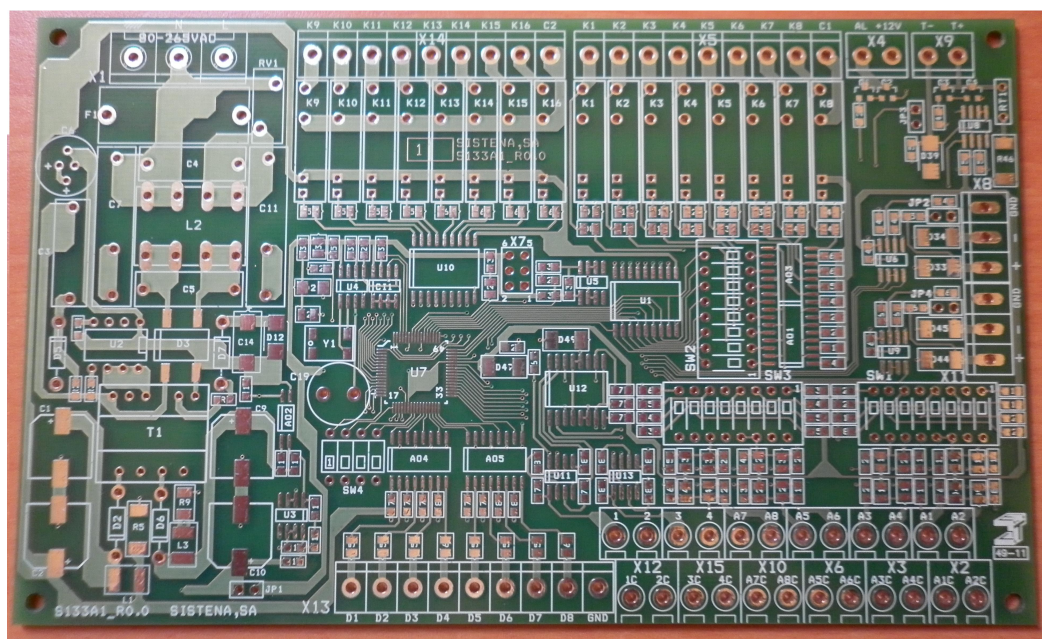


**Figura 43.** Cara delantera layout

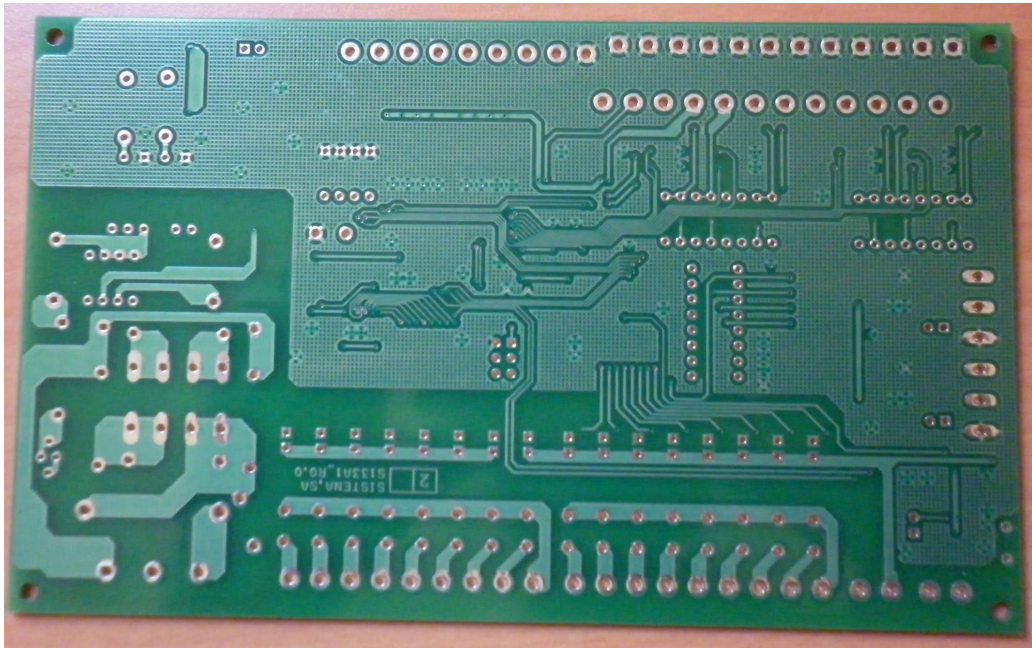


**Figura 44.** Cara trasera layout

Y en la siguiente figura se muestra su estado actual:

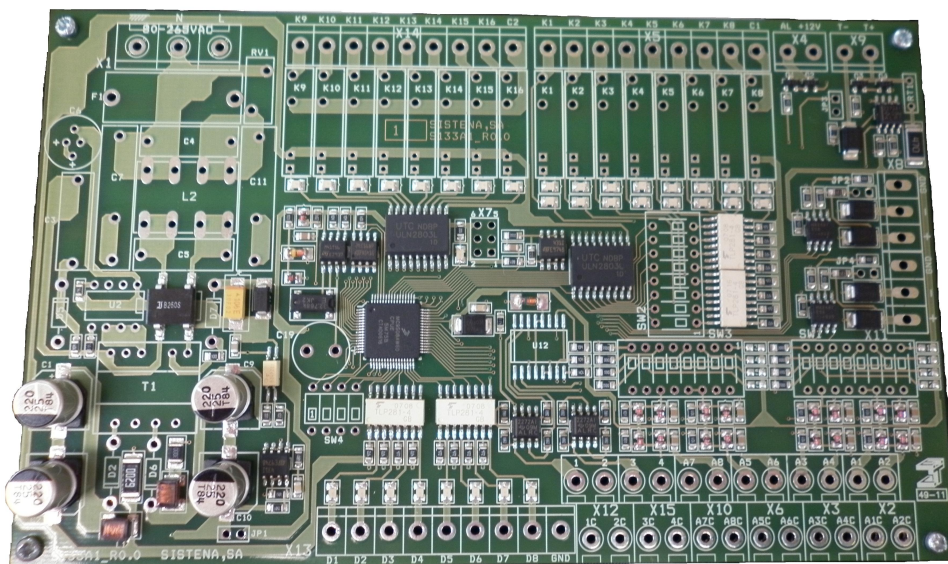


**Figura 45.** Tarjeta actual

El programa principal y las interrupciones:

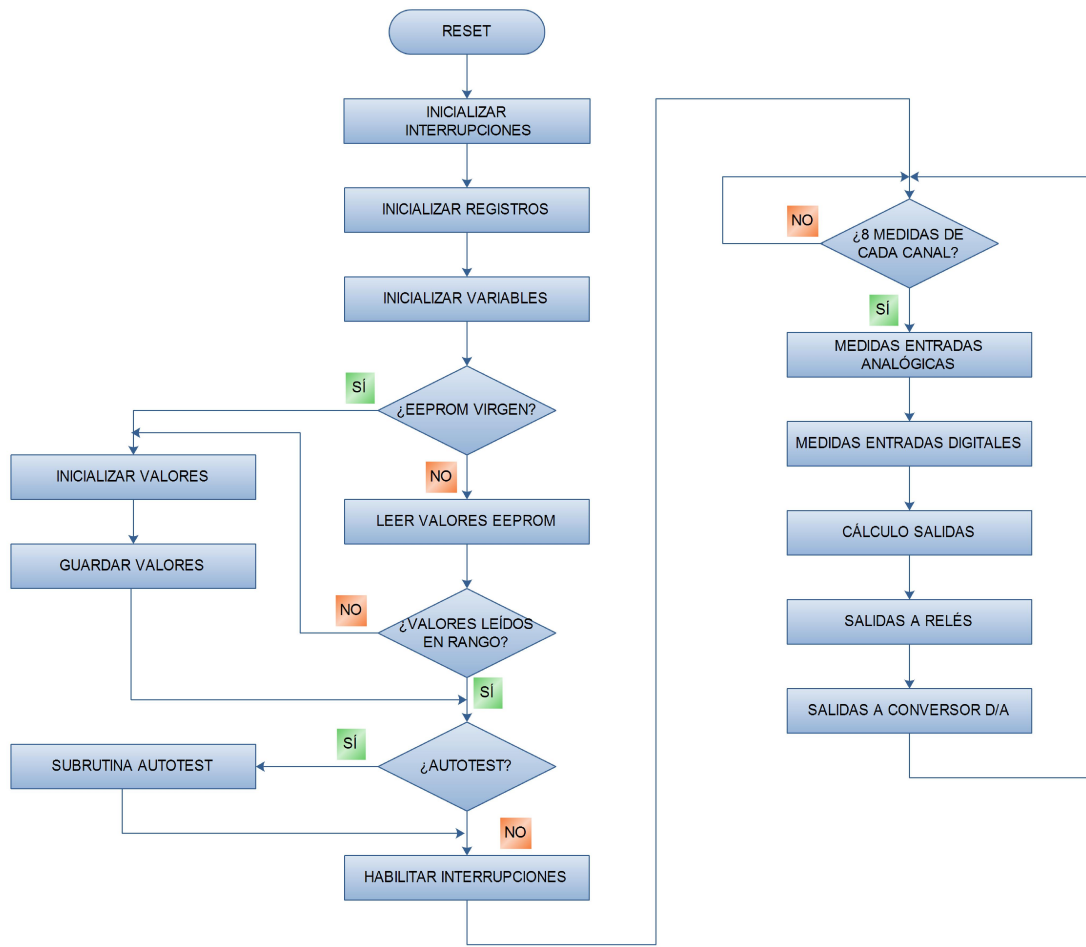


**Figura 46.** Programa principal

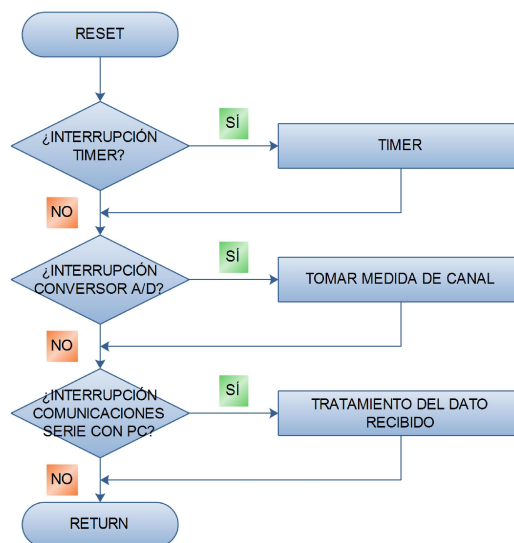


**Figura 47.** Interrupciones

La vista exterior de la tarjeta junto con el display es la siguiente:



**Figura 48.** Vista exterior sistema de control



# Capítulo 6

## Conclusiones

ESTE proyecto ha consistido en diseñar un control de salas de calderas que permite manejar todas las variables asociadas a este tipo de sistema y regularlas dependiendo de la temperatura que se desee en cada momento.

Para ello se hizo un estudio de las variables necesarias a partir de un esquema general del sistema a controlar. En función de este factor se eligió un microcontrolador acorde con las necesidades. Se utilizó un microcontrolador con poca memoria pero suficiente para este proyecto y nuevo, por lo que incluye las últimas funciones y también es más barato.

Se realizó el diseño de los distintos circuitos que llegan/parten del microcontrolador para poder adecuar las distintas señales de entradas y salidas y hacerlas entendibles por el cerebro de la tarjeta.

Este circuito se incluyó en OrCAD para poder luego hacer la distribución física de los componentes en la tarjeta y poder mandarlo a fabricar a un proveedor externo.

A su vez y de forma paralela se realizó el software para el microcontrolador.

El objetivo fundamental era realizar este diseño con un coste inferior al que actualmente hay en el mercado para este tipo de equipo. Este objetivo se ha completado con éxito ya que se ha conseguido un precio 3 veces inferior al de la competencia.

El resto de objetivos se han cumplido satisfactorialmente. Se ha conseguido además dotar al sistema de ciertas características que lo diferencian de la competencia. Se ha realizado un producto estándar para su uso en cualquier parte del mundo gracias a la fuente conmutada y también a la comunicación serie RS-485.



# Capítulo 7

## Futuros desarrollos

**E**N ESTE capítulo se recogen algunas mejoras que se podrían implantar en el futuro.

En este proyecto se da la opción de usar una o dos calderas. Existen otros sistemas de calor diferentes a las calderas como puede ser un colector solar.

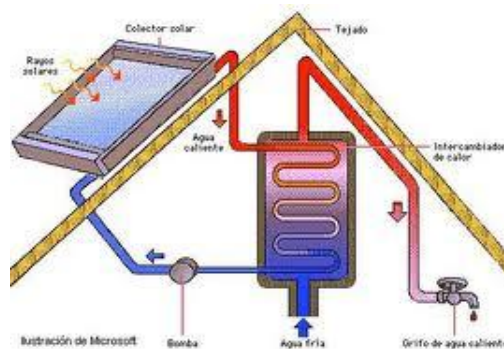


**Figura 49.** Colector solar

A su vez también se podría dar a elegir entre varios idiomas en el display para poder hacer así más fácil el lanzamiento del producto de forma internacional.

Otra mejora a considerar sería la de detectar si en una habitación donde está encendida la calefacción realmente se está usando o no hay nadie en ella. Es una forma de hacer más eficiente el sistema y conseguir ahorrar cuando no se está usando.

La mayoría de estas mejoras son fáciles de implantar ya que se pueden realizar a nivel de software por lo que no incrementarían demasiado el coste del proyecto.

Firmado: .....

Laura Vallejo Cebrero  
30 de mayo de 2012

## Capítulo 8

### Lista de materiales

**E**N las siguientes páginas se encuentra la lista de materiales del proyecto.

**LISTA MATERIALES EAS133A1.00Y****Revisión: 0.0****Fecha Rev: 02/02/2012****Motivo Revisión:** Control en Sala de Calderas

| Referencias | Código       | cantidad | observaciones               | Rev: |
|-------------|--------------|----------|-----------------------------|------|
| ---         | ESS133A1.00Y | 1        | Subc. Tarjeta S133A1 <RoHS> | 0.0  |
| ---         | ESS133A1KIT1 | 1        | Subc. Kit S133A1 <RoHS>     | 0.0  |

| Referencias                                                                                                                       | Código             | cantidad | observaciones                                      | Rev:                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| ---                                                                                                                               | PCBS133A1R0Y       | 1        | Circuito Impreso S133A1 <RoHS>                     | 0.0                            |
| ---                                                                                                                               | ESCSMDS133A1Y      | 1        | Subc.componentes smd S133A1 <RoHS>                 |                                |
| ---                                                                                                                               | ESMESS133A1Y       | 1        | Subc.montaje tarjeta S133A1 <RoHS>                 | 0.0                            |
| AO1,AO3,AO4,AO5                                                                                                                   | UAOTLP281-4SMDY    | 4        | Acopl. ¾pt. TLP281-4 (GB-TP,J,F) smd 16p. <<RoHS>> | Opcional: VISHAY_SMD-TCMT4100  |
| AO2                                                                                                                               | UAOTLP281-1SMDY    | 1        | Acopl. ¾pt. TLP281 (F) smd 4p. <<RoHS>>            | Opcional: VISHAY_SMD-TCMT1100  |
| C1,C2,C9,C10                                                                                                                      | CEL220MF25VS0810Y  | 4        | Cond. elect.smd 220uF 25V SMD-0810 <RoHS>          | Opcional: SMD_1010 <RoHS>      |
| C12                                                                                                                               |                    | 1        |                                                    | CMC 22NF SMD-0805              |
| C13,C25                                                                                                                           |                    | 2        |                                                    | CMC 100NF SMD-0805             |
| C14                                                                                                                               |                    | 2        |                                                    | CTA 10MF-25V SMD_7343 <RoHS>   |
| C19                                                                                                                               | CSCSIS01/47MF5V5Y  | 1        | Cond. Supercap TOKIN 47mF 5,5V FYD0H473ZF <RoHS>   |                                |
| C20                                                                                                                               |                    | 5        |                                                    | CMC 1NF SMD_0805 <RoHS>        |
| C3                                                                                                                                | CPO0M0022F1K6VR15Y | 1        | Cond. poliprop. 2,2 KpF 1600V rast.15 <RoHS>       |                                |
| C4,C5                                                                                                                             | CPO0M1F275VR15XY   | 2        | Cap. poliest. 100K 275Vac r.15 X2 <RoHS>           |                                |
| C6                                                                                                                                | CEL10MF400VR5D10Y  | 1        | Cond. elect.rad. 10uF 400V R.5 10x19 <RoHS>        |                                |
| C7,C11                                                                                                                            | CPO0M022F250VR15YY | 2        | Cap. poliest. 0,022uF 250Vac r.15 Y2 <RoHS>        |                                |
| C8,C15,C16,C17,C18,C21,C22,C23,C24                                                                                                |                    | 9        |                                                    | CMC 10NF SMD-0805              |
| CI1                                                                                                                               | UCIEEP24C16INDSO8Y | 1        | CI EEPROM 24C16 Industrial -smd- SO8 <RoHS>        |                                |
| D1,D8,D10,D14,D16,D18,D20,D22,D24,D28,D30,D35,D37,D40,D43,D46,D48,D50,D51,D52,D53,D54,D55,D56,D57,D58,D59,D60,D61,D62,D63,D64,D65 |                    | 33       |                                                    | LED VERDE SMD_0805 <RoHS>      |
| D12                                                                                                                               | DZE1W18VSMDY       | 1        | Diodo zener 1W 18V smd DO214AA <RoHS>              |                                |
| D2,D5,D6,D7                                                                                                                       | DIO1N4007UFY       | 4        | Diodo UF4007 Ultra-Fast "Tape in Box" <RoHS>       |                                |
| D25,D32                                                                                                                           | DIO1N4148SOD323Y   | 2        | Diodo 1N4148 smd MicroMELF SOD323 <RoHS>           |                                |
| D27                                                                                                                               |                    | 1        |                                                    | DZE 4V3 400MW SMD_DO-213AA     |
| D3                                                                                                                                | DPTSMD01/600V1,0AY | 1        | Pte. rectific. 600V 1,0 Amp smd DFS <RoHS>         |                                |
| D33,D34,D39,D44,D45,D47                                                                                                           | DZEP6SMB6.8AY      | 6        | Transil P6SMB-6.8A unidirecc. smd DO214AA <RoHS>   | Opcional: DIOTEC SMD-P6SMBJ5.0 |
| D4,D9,D11,D13,D15,D17,D19,D21,D23,D26,D29,D31,D36,D38,D41,D42                                                                     | DIOMCL103AUMELFY   | 16       | Diodo Schottky MCL103A MicroMELF Reel <RoHS>       | Opcional: MCL103B              |

**LISTA MATERIALES ESS133A1.00Y****Revisión: 0.0****Fecha Rev: 02/02/2012****Motivo Revisión:** Prototipos

|                                                                        |                   |    |                                                    |                                                 |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|----|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| D49                                                                    |                   | 1  |                                                    | DZE 10V 400MW SMD_DO-213AA                      |
| F1                                                                     | FUSXXPTPCBY       | 1  | Porta-Fusible circ. impreso horiz. 5x20 <<RoHS>>   |                                                 |
| F1.1                                                                   | FUS5X20S00A5Y     | 1  | Fusible 5x20 0,5 A <<RoHS>>                        |                                                 |
| F2                                                                     | FUS508CIS00A50Y   | 0  |                                                    | Fusible BEL MTR_500mA Radial raster 5,08 <RoHS> |
| JP1,JP2,JP3,JP4                                                        | JPET1X02R254Y     | 4  |                                                    | Bloque pines 1x2 2,54 <RoHS>                    |
| JP1.1,JP2.1,JP3.1,JP4.1                                                | JPE0254Y          | 4  | Jumper <<RoHS>>                                    |                                                 |
| K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16                 | KREMATPA1ADC12VY  | 16 | RelÚ MAT PA1A 12Vdc <RoHS>                         |                                                 |
| L1,L3                                                                  | TCHSIS00/01S56UHY | 2  | Chip inductor 56 uH 10% smd 1812 <RoHS>            |                                                 |
| L2                                                                     | TCHKASRDS042X39Y  | 1  | Choque KASCHKE RDS 0,4A 2x39 mH (049.645) <<RoHS>> |                                                 |
| Q1,Q2,Q3,Q4                                                            | QTRBC846SOT23Y    | 4  | Transistor BC846 smd SOT23 <RoHS>                  |                                                 |
| R1,R13,R20,R24,R33,R41,R52,R59                                         |                   | 8  |                                                    | XXX-1/8W-1% SMD_0805 <RoHS>                     |
| R10,R15                                                                |                   | 2  |                                                    | 1K5-1/8W-1% SMD_0805 <RoHS>                     |
| R11                                                                    |                   | 1  |                                                    | 330H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                    |
| R12,R32                                                                |                   | 2  |                                                    | 1K-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                      |
| R14                                                                    |                   | 1  |                                                    | 6K9-1/8W-5% SMD_2010 <RoHS>                     |
| R18                                                                    |                   | 1  |                                                    | 5K6-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                     |
| R2,R29,R30,R31,R75,R76,R77                                             |                   | 7  |                                                    | 100K-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                    |
| R3                                                                     |                   | 1  |                                                    | 56K-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                     |
| R34,R42,R44,R45,R47,R54,R60,R63,R64,R65                                |                   | 10 |                                                    | 10K-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                     |
| R35                                                                    |                   | 1  |                                                    | 20K-1/8W-1% SMD_0805 <RoHS>                     |
| R38                                                                    |                   | 1  |                                                    | 680H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                    |
| R39                                                                    |                   | 1  |                                                    | 12K1-1/8W-1% SMD_0805 <RoHS>                    |
| R4,R16,R22,R26,R28,R40,R49,R53,R61,R68,R70,R71,R72,R73,R79,R80,R83,R84 |                   | 18 |                                                    | 4K7-1/8W-5% SMD_2010 <RoHS>                     |
| R46                                                                    |                   | 1  |                                                    | 47H-1W-5% SMD_2512 <RoHS>                       |
| R5                                                                     |                   | 1  |                                                    | 620H-1W-5% SMD_2512 <RoHS>                      |
| R50                                                                    |                   | 1  |                                                    | 200K-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                    |
| R51,R67                                                                |                   | 2  |                                                    | 120H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                    |
| R57                                                                    |                   | 1  |                                                    | 4K3-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                     |

**LISTA MATERIALES ESS133A1.00Y****Revisión: 0.0****Fecha Rev: 02/02/2012****Motivo Revisión:** Prototipos

|                                                                             |                    |    |                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|----|------------------------------------------------------------------------------|
| R58                                                                         |                    | 1  | 47H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                                                  |
| R6,R17,R21,R25,R3<br>6,R43,R55,R62                                          |                    | 8  | 100H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                                                 |
| R69                                                                         |                    | 1  | 510H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                                                 |
| R7                                                                          |                    | 1  | 10H-1/8W-5% SMD_0805 <RoHS>                                                  |
| R74,R78,R81,R82,R<br>85,R86,R87,R88                                         |                    | 8  | 10K-1/8W-1% SMD_0805 <RoHS>                                                  |
| R8,R19,R23,R27,R3<br>7,R48,R56,R66                                          |                    | 8  | 200H-1/8W-1% SMD_0805 <RoHS>                                                 |
| R9                                                                          |                    | 1  | 300H-1/4W-5% SMD_1210 <RoHS>                                                 |
| RT1                                                                         | RPTSIS01Y          | 1  | Resist. PTC EPCOS B59995C120A70 <RoHS>                                       |
| RV1                                                                         | RVV0,4W275VY       | 1  | R.Varistor 275Vac 0,4W d:10mm r.:7,5<br><<RoHS>>                             |
| SW1,SW2,SW3                                                                 | SMS8CY             | 3  | Microint. 8 circ. inserci34n <RoHS>                                          |
| SW4                                                                         | SMS4CY             | 1  | Microint. 4 circ. inserci34n <RoHS>                                          |
| T1                                                                          | TFOSIS01/01Y       | 1  | Trafo Ferrita 12W 5/12V <<RoHS>>      Trafo 74010                            |
| U1,U10                                                                      | UCIULN2803SO18Y    | 2  | CI ULN2803 smd SO18 <RoHS>                                                   |
| U12                                                                         | UCIMAX500BEWESO16Y | 1  | CI MAX 500 BEWE -smd- SO16 <<RoHS>>                                          |
| U2                                                                          | UCIFSQ0265RNY      | 1  | CI FSQ0265RN DIL8 (Fairch) <RoHS>      Opcional: FSDM0265RNB                 |
| U3,U5                                                                       | UCITL431IDS08Y     | 2  | CI TL431IDG industrial -smd- SO8 <RoHS>                                      |
| U4                                                                          | UCIM41T56INDS08Y   | 1  | CI M41T56-M6E industrial -smd- SO8<br><RoHS> Opcional: UCIDS1307ZNSO8Y       |
| U6,U9                                                                       | UCIXXX487INDS08Y   | 2  | CI xxx 487 Industrial smd SO8 <RoHS>                                         |
| U7                                                                          | UMPMC9S08AC60S010Y | 1  | MProcesador (D) MC9S08 AC60 CPU-E LQFP-64<br><RoHS>      QUAD.50M/64/WG12.00 |
| U8,U11,U13                                                                  | UCITLC2272AIDS08Y  | 3  | CI TLC2272AID -smd- SO8 <<RoHS>>                                             |
| X1                                                                          | JPTSAUMSM03003Y    | 1  | Borna SAURO MSM03003 3p 7,50 <RoHS>                                          |
| X11,X8,(X5.1,X5.2,<br>X5.3),(X13.1,X13.2,<br>X13.3),(X14.1,X14.2,<br>X14.3) | JPTSAUMEB0300N1Y   | 11 | Borna SAURO MSB03001-0NC 3p. 5.00 <RoHS>                                     |
| X2,X3,X6,X10,X12,<br>X15                                                    | JPTRIA31092104Y    | 6  | Borna tor. RIA 31092104 4p 5,00 <RoHS>                                       |
| X4,X9                                                                       | JPTSAUMEB0200N1Y   | 2  | Borna SAURO MSB02001-0NC 2p. 5.00 <RoHS>                                     |
| X7                                                                          | JPET2X03R254Y      | 0  | Bloque pines 2x3 2,54 <RoHS>                                                 |
| Y1                                                                          | YCZ32K768HZ85SMXY  | 1  | Cuarzo 32,768 Kc smd 85SMX 20ppm -40+85°C<br><RoHS>                          |

**LISTA MATERIALES ESS133A1KIT1****Revisión: 0.0****Fecha Rev: 02/02/2012****Motivo Revisión:** Control en Sala de Calderas

| Referencias | Código            | cantidad | observaciones                                                     | Rev:                                    |
|-------------|-------------------|----------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ---         | ESS118TAPH21      | 1        | Tapa caja S118 Alt= 21mm ABS Gris RAL7035                         | Existencias limitadas: Molde extraviado |
| ---         | ESS118BASH17      | 1        | Base caja S118 Alt= 17mm Negra                                    |                                         |
| ---         | ESS118PET01       | 1        | Soporte poliester transp. 0,8mm troquelado s. muestra             |                                         |
| ---         | ESS118LEX01       | 1        | Carbúcula LEXAN adhesiva + serigrafía S118 (2 colores) s. muestra |                                         |
| ---         | ESGS133A1         | 1        |                                                                   | Subc.grabacion S133A1 0.0               |
| A1          | ZTODINCL81Z/2.6X6 | 4        | Tornillo CL81Z 2,6x6 (alomada-philips)                            | Sujeción del PCB a la Base Caja S118    |
| B1          | ZBOLSA08X12       | 1        | Bolsa plástica 8x12                                               |                                         |
| B1.1        | ZTODINV LX3,0X25Z | 4        | Tornillo VELOX 3,0x25 Zn                                          | Sujeción de la Base a la pared          |
| B1.2        | ZTACOFIS5MM       | 4        | Taco nylon gris 5 mm                                              | Sujeción de la Base a la pared          |

## Capítulo 9

### Fotografías equipo

A CONTINUACIÓN se muestran unas fotografías realizadas al equipo casi terminado. La última es cómo se vería externamente una vez finalizada la placa y conectado al display.

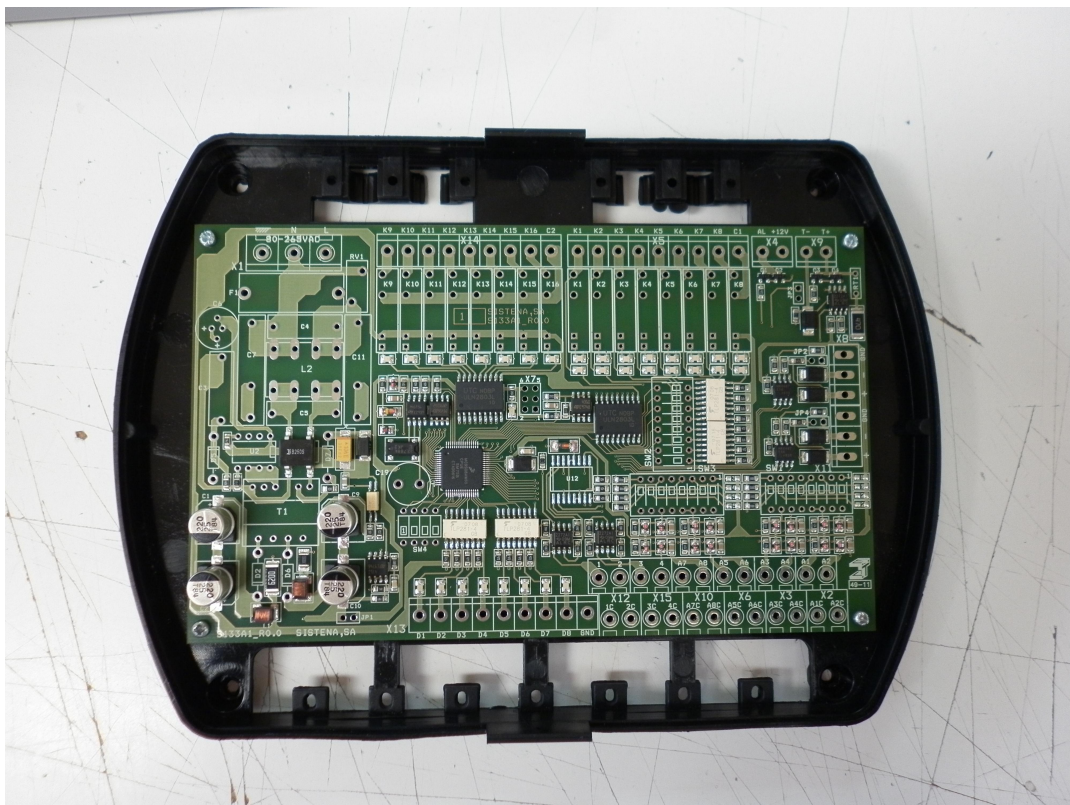


**Figura 50.** Circuito dentro de la caja

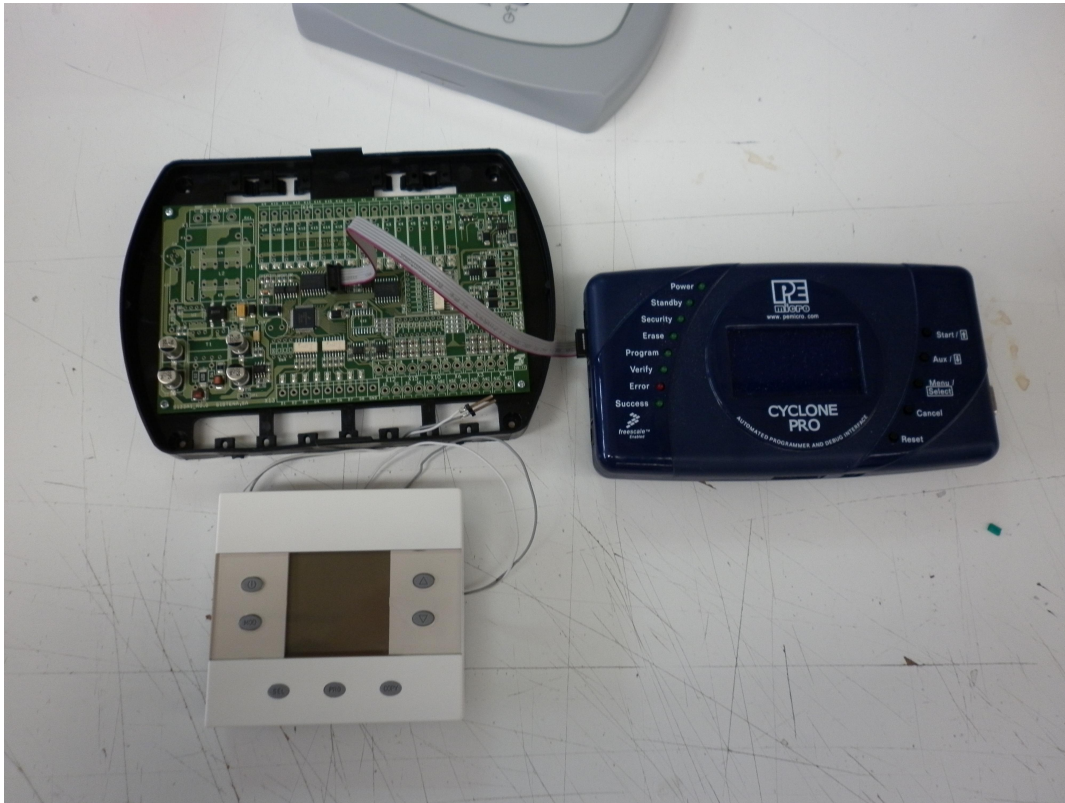


**Figura 51.** Circuito con cyclone pro



**Figura 52.** Vista exterior sistema de control

# Bibliografía

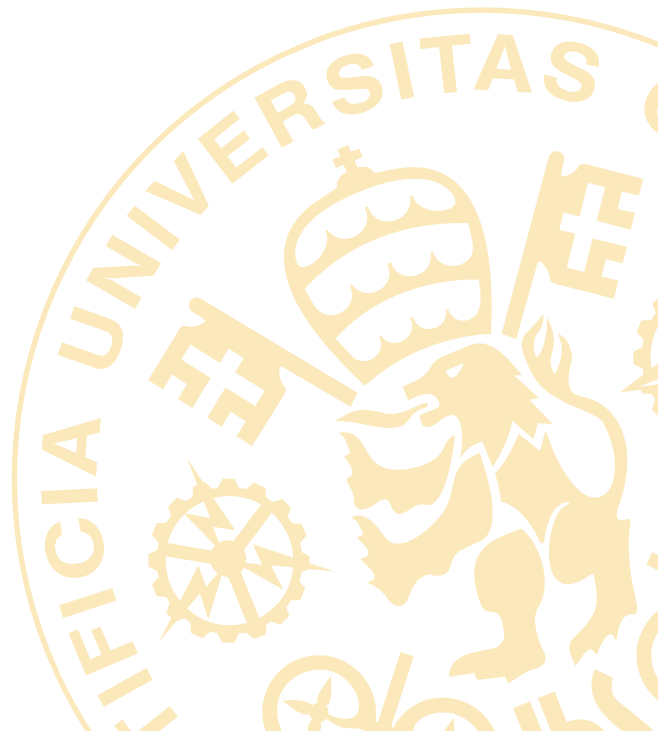
- [1] **F. L. Pagola y de las Heras**, *Regulación automática*, Ingeniería, Comillas.
- [2] **Sedra/Smith**, *Circuito microelectrónicos*, Ed. Oxford UP, 1998
- [3] **Hart, Daniel W**, *Electrónica de potencia*. PEARSON Prentice Hall.
- [4] **Salvador Escoda**, *Web distribuidor español*. <http://www.salvadorescoda.com/>
- [5] **Ifs-store**, *Web distribuidor internacional*. <http://www.ifs-store.com/products/RVP340.html>  
<http://www.ifs-store.com/products/RVP361.html>
- [6] **Wikipedia**, *Enciclopedia libre*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo\\_para\\_calcular\\_el\\_d%C3%ADa\\_de\\_la\\_semana](http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_para_calcular_el_d%C3%ADa_de_la_semana)
- [7] **Freescale Semiconductor**, *Fabricante microprocesadores*. <http://www.freescale.com/>
- [8] **Freescale Semiconductor: datasheet del microcontrolador**, *Fabricante microprocesadores*. [http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data\\_sheet/MC9S08AC60.pdf](http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08AC60.pdf)



## PARTE II



# ESTUDIO ECONÓMICO





EL PROPÓSITO de este capítulo es analizar la viabilidad de este proyecto, además de comprobar si se ha cumplido con el objetivo primero del proyecto que se recordará era conseguir crear un producto que existe en el mercado pero a un precio inferior (debe ser inferior a 618,29 €).

## 0.1. Introducción

El sector de la electrónica y de este tipo de controladores aun está en pleno desarrollo e implantación.

Para entrar en el mercado hay que conseguir superar las barreras que ponen los competidores ya existentes en el mercado. Este proyecto se ha realizado desde la empresa SISTENA, quien lleva en el mercado mas de 35 años. Realizar un proyecto en una empresa con esta antigüedad aporta valor añadido al producto pues el cliente ya conoce cómo se trabaja en la empresa y por tanto, en cierta manera está fidelizado a ella.

Este tipo de productos no lo compra el público en general. Los clientes principales de estos productos son instaladores y empresas dedicadas al suministro de productos para instalaciones.

Este producto puede aprovechar la situación económica actual para entrar al mercado. Ahora más que nunca se busca minimizar costes.

Este producto tiene valor añadido gracias a la fuente conmutada que lo alimenta. Y es que, gracias a ella, se puede usar este producto en cualquier país del mundo, independientemente de la tensión de alimentación y de la frecuencia.

## 0.2. Análisis económico

A continuación se analizan los costes de producción del control de salas de calderas.

Como se detalla en el presupuesto y de forma específica en el capítulo 4 del mismo, el coste total al que asciende la primera unidad de este sistema de control es de 18941,6€. Sin embargo, a medida que las ventas aumenten el coste será mucho menor (economías de escala).

Suponiendo que en un primer año se venden 50 unidades y el siguiente se vende el doble, es decir 150 unidades en total, se pueden repartir los costes del proyecto entre estas unidades.

Al coste total del proyecto habría que añadir el coste del hardware de cada una de las tarjetas: 49,67€.

El coste total del proyecto sin incluir hardware sería: 18891,93€.

El coste total de hardware de 150 tarjetas: 7450,5€.

Sumando ambas cantidades el coste asciende a: 26342,43€.

Esta cantidad repartida entre 150 tarjetas: 175,62€. Por lo que este sería el precio mínimo al que se podría vender la primera tarjeta electrónica.

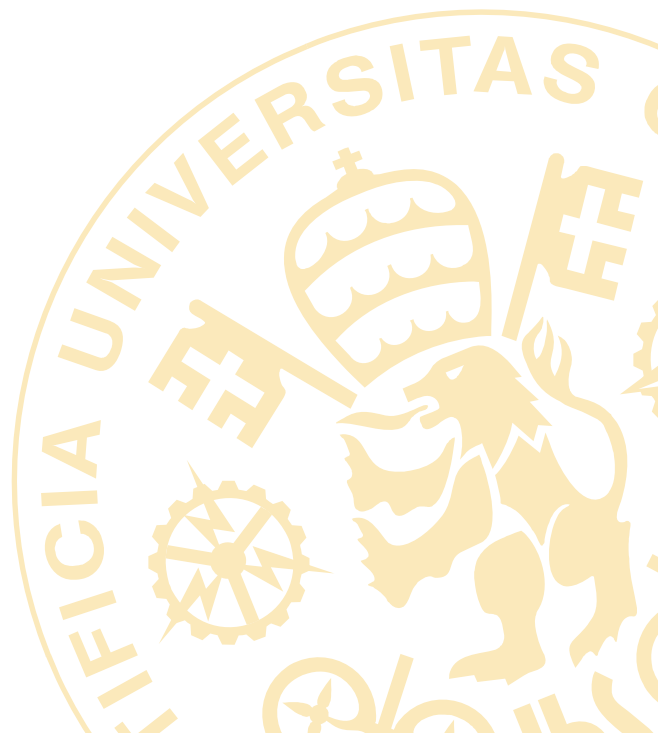
Si se quiere tener un margen de beneficio del 25 % el producto costaría 219,52€.

Considerando como precio final 220€ se consigue un producto con un precio 3 veces inferior a un producto similar que está en el mercado.

## **PARTE III**

---

# **MANUAL DE USUARIO**





# Capítulo 1

## Visualizaciones

- T1: Temperatura impulsión calefacción 1.
- T2: Temperatura impulsión calefacción 2.
- Tr: Temperatura de retorno.
- TE: Temperatura exterior.
- TC: Temperatura impulsión caldera.
- TA: Temperatura impulsión A.C.S.
- P1: Presión agua calefacción 1.
- P2: Presión agua calefacción 2.
- Ct: Consigna temperatura calefacción.
- Cr: Consigna de temperatura reducida.
- Cu: Consigna A.C.S.
- Cc: Consigna impulsión caldera.
- CP: Consigna de presión.
- L1: Salida analógica llama caldera 1.
- L2: Salida analógica llama caldera 2.
- C1: Marcha/Paro caldera 1.
- C2: Marcha/Paro caldera 2.
- b1: Marcha/Paro bomba impulsión calefacción 1.
- b2: Marcha/Paro bomba impulsión calefacción 2.

- bA: Marcha/Paro bomba impulsión A.C.S.
- b3: Marcha/Paro bomba carga caldera 1.
- b4: Marcha/Paro bomba carga caldera 2.
- CA: Contador de agua.
- CC: Contador de gas.
- HH: Hora.

Para pasar de una visualización a la siguiente se utiliza el pulsador SEL.

En las indicaciones de Marcha/Paro, se alterna la visualización del estado ON/OFF con las horas de funcionamiento. Si el sistema está en modo MANUAL, se puede poner en marcha o parar mediante los pulsadores de SUBIR y BAJAR.

Cuando se visualizan las consignas, éstas se pueden modificar mediante los pulsadores de SUBIR y BAJAR.

# Capítulo 2

## Modos de funcionamiento

El equipo tiene los siguientes modos de funcionamiento:

- 1.- Parado: Están todas las salidas desexcitadas. No se visualizan los iconos: , , ni .
- 2.- Manual: Las calderas y bombas se arrancan y paran manualmente. La salida analógica de la llama de la caldera se regula para obtener una temperatura de impulsión según la consigna y las válvulas se regulan para obtener las temperaturas según las consignas. Se visualiza y si está alguna caldera en marcha , y si está alguna bomba en marcha .
- 3.- Automático: El sistema funciona de modo automático con la caldera y bombas en marcha, regulándose la caldera y las válvulas para obtener las temperaturas de acuerdo a las consignas. Se visualiza y la indicación de caldera y bomba en marcha.
- 4.- Reducido: El sistema funciona en modo automático, pero con la consigna de temperatura reducida. Se visualiza , y la indicación de caldera y bomba en marcha.

Para encender o apagar el equipo se utiliza el pulsador ON/OFF. Una vez que el equipo está en marcha, para cambiar el modo (Manual - Automático - Reducido) se utiliza el botón MODO.

En la configuración de 2 calderas, en modo automático o reducido, la segunda caldera se pone en marcha si no se llega a la consigna de temperatura de impulsión y la regulación de la llama está al máximo. La parada de esta segunda caldera se produce si se está en la temperatura de consigna y la regulación de la llama de las calderas es menor del 50 %.

Las regulaciones de llama de caldera y de válvulas de mezcla se realizan mediante una regulación PI (proporcional - integral), siendo las válvulas de mezcla de regulación a 3 puntos.



# Capítulo 3

## Programaciones

Es posible programar para el sistema 2 periodos horarios de marcha, 2 periodos horarios de parada y 1 periodo horario de marcha reducida para cada día de la semana; así como un periodo de vacaciones durante el cual el sistema estará parado.

La programación puede estar activada o desactivada. Cuando la programación está activada, no se puede efectuar cambio de modo de funcionamiento a manual. Para activar o desactivar la programación se pulsa PRG, en ese momento se pone intermitente el símbolo y con las teclas de SUBIR y BAJAR se activa o desactiva la programación.

Para realizar la programación, se pulsa PRG, apareciendo la selección de activación o desactivación. Con una nueva pulsación de PRG se selecciona el día que se quiere programar (del 1 al 7) o bien el periodo de vacaciones (aparecen en el display los 7 números 1234567). Si se ha seleccionado el día, se ponen intermitentes los periodos y con las teclas de SUBIR y BAJAR se selecciona el periodo. Pulsando de nuevo PRG se pone intermitente la hora y con las teclas de SUBIR y BAJAR se selecciona la hora de inicio del periodo. Pulsando de nuevo PRG, si el periodo seleccionado es de marcha, se pone intermitente la consigna y con las teclas de SUBIR y BAJAR se selecciona la consigna de temperatura de calefacción para ese periodo. Pulsando de nuevo PRG se vuelve a la selección del día. Para salir de programación se pulsa la tecla ON/OFF.

Si la selección realizada ha sido periodo de vacaciones, con la siguiente pulsación de PRG se selecciona el día de inicio, con la siguiente pulsación el mes de inicio, con la siguiente pulsación el día final y con la siguiente pulsación el mes del final del periodo de vacaciones.



# Capítulo 4

## Parámetros

Para entrar en el modo PARAMETROS se debe pulsar SEL y mantener pulsada la tecla durante 2 segundos. En el display aparece PA y con las teclas de SUBIR y BAJAR se debe introducir la clave y posteriormente pulsar de nuevo SEL. Si la clave no es correcta se permite la visualización de los parámetros, pero no se pueden modificar.

Los distintos parámetros que incorpora el equipo son:

- 1.- Clave.
- 2.- Configuración: 1 - 1 caldera, 2 - 2 calderas.
- 3.- Selección invierno(0)/verano(1). Si está seleccionado verano, la calefacción no se actúa por la programación.
- 4.- Apagado de caldera: 0 - NO, 1 - SI. Si está seleccionado 1, la caldera se apaga si está un tiempo (parámetro 5) con la regulación al mínimo.
- 5.- Tiempo de apagado de caldera: Si el parámetro 4 está en 1, cuando transcurre este tiempo con la regulación de la llama de la caldera al mínimo, se apaga la caldera.
- 6.- Tiempo mínimo de marcha de caldera: Si el parámetro 4 está en 1, para que se apague la caldera tiene que haber estado este tiempo mínimo en marcha.
- 7.- Temperatura exterior para apagado de calefacción: Si la temperatura exterior es superior a este valor se apaga el sistema de calefacción.
- 8.- Banda proporcional para regulación de temperatura de impulsión de caldera con la salida analógica de control de llama.
- 9.- Banda proporcional para regulaciones de temperatura con las válvulas de mezcla.
- 10.- Banda proporcional para regulación de presión.

- 11.- Tiempo de integración para regulación de temperatura de impulsión de caldera con la salida analógica de control de llama.
- 12.- Tiempo de integración para regulaciones de temperatura con las válvulas de mezcla.
- 13.- Tiempo de integración para regulación de presión.
- 14.- A.C.S.: 0 - No existencia de sistema de A.C.S., 1 - Sistema de producción de A.C.S. funciona según la programación, 2 - Sistema de producción de A.C.S. funciona continuo, excepto el periodo de vacaciones si está programado.
- 15.- Prioridad A.C.S.: 0 - NO, 1 - SI. Si el sistema de A.C.S. tiene prioridad, cuando se pone en marcha, se apaga el sistema de calefacción.
- 16.- Regulación A.C.S.: 0 - NO, 1 - SI. Si el sistema de A.C.S. no tiene regulación (no existe válvula de mezcla en el sistema), el sistema se pone en marcha o para según la consigna seleccionada y la histéresis (parámetro 17). Si el sistema de A.C.S. tiene regulación (existe válvula de mezcla), el sistema se para si pasa un tiempo (parámetro 18) con la regulación de la válvula al mínimo. Vuelve a arrancar cuando la temperatura de impulsión baja de la consigna el valor de la histéresis (parámetro 17).
- 17.- Histéresis A.C.S.
- 18.- Tiempo para parada de sistema A.C.S.
- 19.- Función antihielo: 0 - NO, 1 - SI. Si está seleccionada la función antihielo, el sistema de calefacción se pone en marcha si la temperatura exterior es menor de un valor (parámetro 20) y la temperatura de impulsión de calefacción es menor de otro valor (parámetro 21). El sistema se apaga si la temperatura exterior sube del parámetro 17 más la histéresis (parámetro 22) o si la temperatura de impulsión se mantiene según la consigna de antihielo (parámetro 23) durante un tiempo (parámetro 24). Cuando el sistema se pone en marcha debido a la función antihielo, se señala en el display el símbolo .
- 20.- Temperatura exterior para arranque por antihielo.
- 21.- Temperatura de impulsión de calefacción para arranque por antihielo.
- 22.- Histéresis de temperatura exterior para parada por antihielo.
- 23.- Temperatura de consigna de impulsión de calefacción cuando está activada la función antihielo.
- 24.- Tiempo de activación de la función antihielo.
- 25.- Función anti-legionella: 0 - NO, 1 - SI. Si está activada, la consigna de impulsión de A.C.S. se sube a otro valor superior (parámetro 26) cuando el sistema de A.C.S. se pone en

marcha por primera vez el día 1 de la semana. Permanece en este valor durante un tiempo (parámetro 27).

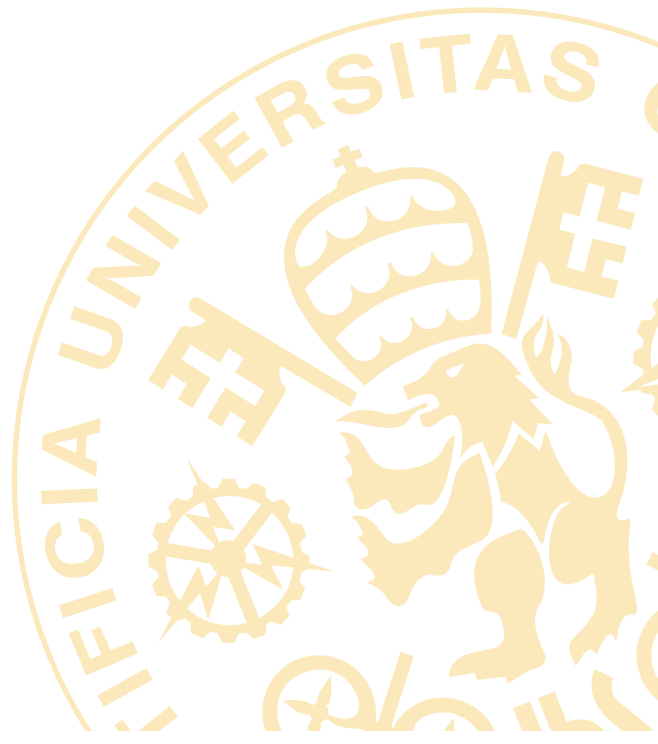
- 26.- Temperatura de consigna de impulsión A.C.S. en función anti-legionella.
- 27.- Tiempo de activación de la función anti-legionella.
- 28.- Factor de conversión del contador de agua.
- 29.- Factor de conversión del contador de gas.
- 30.- Dirección de comunicaciones.
- 31.- Versión del programa.



## PARTE IV



# CÓDIGO FUENTE





# Capítulo 1

## Programa de control

```
;          HEADER 'CALDERA'

;          PAGELENGTH 41

;PROGRAMA DE CONTROL SALAS DE CALDERAS
;MICROPROCESADOR MOTOROLA MC9S08AC60
;TABLAS DE TEMPERATURA REDUCIDAS


;REGISTROS MICROPROCESADOR

PTAD:      EQU    0          ;PUERTO A
PTADD:     EQU    1          ;DIRECCIONES PUERTO A
PTBD:      EQU    2          ;PUERTO B
PTBDD:     EQU    3          ;DIRECCIONES PUERTO B
PTCD:      EQU    4          ;PUERTO C
PTCDD:     EQU    5          ;DIRECCIONES PUERTO C
PTDD:      EQU    6          ;PUERTO D
PTDDD:     EQU    7          ;DIRECCIONES PUERTO D
PTED:      EQU    8          ;PUERTO E
PTEDD:     EQU    9          ;DIRECCIONES PUERTO E
PTFD:      EQU    $A         ;PUERTO F
ZTFDD:     EQU    $B         ;DIRECCIONES PUERTO F
PTGD:      EQU    $C         ;PUERTO G
PTGDD:     EQU    $D         ;DIRECCIONES PUERTO G
ADCSC1:    EQU    $10        ;CONTROL ADC
ADCRH:     EQU    $12        ;RESULTADO CONVERSION (MSB)
ADCRL:     EQU    $13        ;RESULTADO CONVERSION (LSB)
ADCCFG:    EQU    $16        ;CONFIGURACION ADC
APCTL1:    EQU    $17        ;PINES ANALOGICOS
APCTL2:    EQU    $18        ;PINES ANALOGICOS
TPM1SC:     EQU    $20        ;CONTROL TIMER1
TPM1MODH:  EQU    $23        ;DIVISOR TIMER1 (MSB)
TPM1MODL:  EQU    $24        ;DIVISOR TIMER1 (LSB)
SCI1BDH:   EQU    $38        ;BAUD RATE UART1 (MSB)
SCI1BDL:   EQU    $39        ;BAUD RATE UART1 (LSB)
SCI1C1:    EQU    $3A        ;CONTROL UART1
SCI1C2:    EQU    $3B        ;CONTROL UART1
SCI1S1:    EQU    $3C        ;ESTADO UART1
SCI1S2:    EQU    $3D        ;ESTADO UART1
SCI1S3:    EQU    $3E        ;CONTROL ERRORES UART1
SCI1D:     EQU    $3F        ;DATOS UART2
SCI2BDH:   EQU    $40        ;BAUD RATE UART2 (MSB)
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

SCI2BDL: EQU $41 ;BAUD RATE UART2 (LSB)
SCI2C1: EQU $42 ;CONTROL UART2
SCI2C2: EQU $43 ;CONTROL UART2
SCI2S1: EQU $44 ;ESTADO UART2
SCI2S2: EQU $45 ;ESTADO UART2
SCI2S3: EQU $46 ;CONTROL ERRORES UART2
SCI2D: EQU $47 ;DATOS UART2
ICGC1: EQU $48 ;CONTROL CLOCK
ICGC2: EQU $49 ;CONTROL PLL
WDOG: EQU $1800 ;RESET WATCH-DOG
SOPT: EQU $1802 ;CONTROL WATCH-DOG
SOPT2: EQU $180C ;CONTROL WATCH-DOG
PTAPE: EQU $1840 ;PULL-UP PUERTO A
PTBPE: EQU $1844 ;PULL-UP PUERTO B
PTCPE: EQU $1848 ;PULL-UP PUERTO C
PTDPE: EQU $184C ;PULL-UP PUERTO D
PTEPE: EQU $1850 ;PULL-UP PUERTO E
PTFPE: EQU $1854 ;PULL-UP PUERTO F
PTGPE: EQU $1858 ;PULL-UP PUERTO G

;DIRECCIONES MEMORIA EEPROM

ADIR: EQU 0 ;DIRECCION COMUNICACIONES
ARELE: EQU 1 ;SALIDAS RELES
APOS1: EQU 2 ;POSICION VALVULA 1
APOS2: EQU 3 ;POSICION VALVULA 2
APOSA: EQU 4 ;POSICION VALVULA ACS
ACAGUA: EQU 5 ;CONTADOR AGUA
ACGAS: EQU $B ;CONTADOR GAS
ADATA: EQU $10 ;FLAGS2
AREG24: EQU $20 ;INICIO ESCALA PRESION
AREG25: EQU $22 ;FINAL ESCALA PRESION
AREG26: EQU $24 ;CONSIGNA TEMPERATURA SALIDA CALDERA
AREG27: EQU $26 ;CONSIGNA TEMPERATURA IMPULSION
AREG28: EQU $28 ;CONSIGNA TEMPERATURA IMPULSION REDUCIDA
AREG29: EQU $2A ;CONSIGNA TEMPERATURA ACS
AREG30: EQU $2C ;CONSIGNA PRESION IMPULSION
AREG31: EQU $2E ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.CALDERA (LSB)
AREG32: EQU $30 ;TIEMPO INTEGRACION REGUL.CALDERA (LSB)
AREG33: EQU $32 ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.TEMP. (LSB)
AREG34: EQU $34 ;TIEMPO INTEGRACION REGUL.TEMP. (LSB)
AREG35: EQU $36 ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.ACS (LSB)
AREG36: EQU $38 ;TIEMPO INTEGRACION REGUL.ACS (LSB)
AREG37: EQU $3A ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.PRESION (LSB)
AREG38: EQU $3C ;TIEMPO APERTURA VALVULA 1 (SEGS) (LSB)
AREG39: EQU $3E ;TIEMPO APERTURA VALVULA 2 (SEGS) (LSB)
AREG40: EQU $40 ;TIEMPO APERT. VALVULA ACS (SEGS) (LSB)
AREG41: EQU $42 ;HISTERESIS ACS (LSB)
AREG42: EQU $44 ;TEMPERATURA IMPULSION PARA ANTIHIELO
AREG43: EQU $46 ;TEMPERATURA EXTERIOR PARA ANTIHIELO
AREG44: EQU $48 ;HISTERESIS TEMPERATURA EXTERIOR (LSB)
AREG45: EQU $4A ;TEMPERATURA REGULACION ANTIHIELO
AREG46: EQU $4C ;TIEMPO ACTUACION ANTIHIELO (MIN) (LSB)
AREG47: EQU $4E ;TEMPERATURA ACUMULADOR LEGIONELLA
AREG48: EQU $50 ;TIEMPO ACTUACION LEGIONELLA (MIN) (LSB)
AREG49: EQU $52 ;TEMPERAT. EXTERIOR APAGADO CALEFACCION
AREG50: EQU $54 ;TIEMPO APAGADO CALDERA (SEG) (LSB)
MVIRG: EQU $80
TSTAT: EQU $90

```



#### IV. CÓDIGO FUENTE

|          |    |   |                                      |
|----------|----|---|--------------------------------------|
| TPOSAA:  | DS | 1 |                                      |
| TACTA:   | DS | 1 | ;LA RESTA DE TIEMPO DE LA VÁLVULA    |
| TCAH:    | DS | 2 | ;TIEMPO CUENTA ANTIHIELO (SEGUNDOS)  |
| TCALEG:  | DS | 2 | ;TIEMPO CUENTA LEGIONELLA (SEGUNDOS) |
| TCNOC:   | DS | 1 | ;TIEMPO CUENTA APAGADO CALDERA       |
| DATO:    | DS | 2 |                                      |
| GDATE:   | DS | 2 |                                      |
| POSM:    | DS | 2 | ;POSICION DE MEMORIA EEPROM          |
| TRYP:    | DS | 1 |                                      |
| BIN:     | DS | 3 |                                      |
| DECIM:   | DS | 4 |                                      |
| NEWE:    | DS | 1 |                                      |
| BP:      | DS | 1 | ;BANDA PROPORCIONAL                  |
| TI:      | DS | 1 | ;TIEMPO DE INTEGRACION               |
| ERR:     | DS | 2 | ;ERROR                               |
| AERR:    | DS | 2 | ;ERROR ANTERIOR                      |
| ERRX:    | DS | 2 |                                      |
| OI:      | DS | 1 | ;ACCION INTEGRAL                     |
| ROI:     | DS | 1 | ;ACCION INTEGRAL                     |
| OUT:     | DS | 1 | ;SALIDA CALCULADA POR PI             |
| OUTA:    | DS | 1 | ;SALIDA ANTERIOR                     |
| AERRC:   | DS | 2 |                                      |
| AERTI1:  | DS | 2 |                                      |
| AERTI2:  | DS | 2 |                                      |
| AERACS:  | DS | 2 |                                      |
| OUTT1:   | DS | 1 |                                      |
| OUTT2:   | DS | 1 |                                      |
| OUTTA:   | DS | 1 |                                      |
| OUTAC:   | DS | 1 |                                      |
| OUTAT1:  | DS | 1 |                                      |
| OUTAT2:  | DS | 1 |                                      |
| OUTATA:  | DS | 1 |                                      |
| ROIC:    | DS | 1 |                                      |
| ROIT1:   | DS | 1 |                                      |
| ROIT2:   | DS | 1 |                                      |
| ROIACS:  | DS | 1 |                                      |
| COC:     | DS | 1 |                                      |
| CRC1:    | DS | 2 | ;CHEQUEO REDUNDANCIA CICLICA         |
| IBUF1:   | DS | 1 | ;INDICE BUFFER RECEPCION             |
| CODE1:   | DS | 1 | ;CODIGO                              |
| DIRDAT1: | DS | 1 | ;DIRECCION DEL DATO                  |
| NDAT1:   | DS | 1 | ;NUMERO DE DATOS                     |
| NDATW1:  | DS | 1 |                                      |
| CODERR1: | DS | 1 |                                      |
| DAT1R1:  | DS | 1 | ;DATOS RECIBIDOS                     |
| DAT2R1:  | DS | 1 |                                      |
| DAT3R1:  | DS | 1 |                                      |
| DAT4R1:  | DS | 1 |                                      |
| CRC2:    | DS | 2 | ;CHEQUEO REDUNDANCIA CICLICA         |
| IBUF2:   | DS | 1 | ;INDICE BUFFER RECEPCION             |
| CODE2:   | DS | 1 | ;CODIGO                              |
| DIRDAT2: | DS | 1 |                                      |
| NDAT2:   | DS | 1 |                                      |
| NDATW2:  | DS | 1 |                                      |
| CODERR2: | DS | 1 |                                      |
| DAT1R2:  | DS | 1 |                                      |
| DAT2R2:  | DS | 1 |                                      |
| DAT3R2:  | DS | 1 |                                      |
| DAT4R2:  | DS | 1 |                                      |
| MPDR:    | DS | 2 |                                      |

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

DIVDN:    DS    4
DIVSR:    DS    4
RESUL:    DS    3
AN0:      DS    $10          ;MEDIDAS ANALOGICAS
AN1:      DS    $10
AN2:      DS    $10
AN3:      DS    $10
AN4:      DS    $10
AN5:      DS    $10
AN6:      DS    $10
AN7:      DS    $10

;REGISTROS COMUNICACIONES

REG1:      DS    2          ;DIRECCION (MSB), CONFIGURACION (LSB)
REG2:      DS    2          ;MODO FUNC. (MSB), MODO FUNC.ACS (LSB)
REG3:      DS    2          ;MODO FUNC. LEG. (MSB), FLAGS2 (LSB)
REG4:      DS    2          ;ESTADO ENTRADAS DIGITALES (LSB)
REG5:      DS    2          ;SALIDAS RELES (ESTADO BOMBAS Y VALVS.)
REG6:      DS    2          ;TEMPERATURA IMPULSION 1
REG7:      DS    2          ;TEMPERATURA IMPULSION 2
REG8:      DS    2          ;TEMPERATURA RETORNO
REG9:      DS    2          ;TEMPERATURA EXTERIOR
REG10:     DS    2          ;TEMPERATURA SALIDA CALDERA
REG11:     DS    2          ;TEMPERATURA IMPULSION ACS
REG12:     DS    2          ;PRESION IMPULSION 1
REG13:     DS    2          ;PRESION IMPULSION 2
REG14:     DS    2          ;SALIDA ANALOG.REGULACION LLAMA 1 (LSB)
REG15:     DS    2          ;SALIDA ANALOG.REGULACION LLAMA 2 (LSB)
REG16:     DS    2          ;SALIDA ANALOG.REGULACION BOMBA 1 (LSB)
REG17:     DS    2          ;SALIDA ANALOG.REGULACION BOMBA 2 (LSB)
REG18:     DS    2          ;CONTADOR AGUA
REG19:     DS    2          ;CONTADOR AGUA
REG20:     DS    2          ;CONTADOR AGUA
REG21:     DS    2          ;CONTADOR GAS
REG22:     DS    2          ;CONTADOR GAS
REG23:     DS    2          ;CONTADOR GAS
REG24:     DS    2          ;INICIO ESCALA PRESION
REG25:     DS    2          ;FINAL ESCALA PRESION
REG26:     DS    2          ;CONSIGNA TEMPERATURA SALIDA CALDERA
REG27:     DS    2          ;CONSIGNA TEMPERATURA IMPULSION
REG28:     DS    2          ;CONSIGNA TEMPERATURA IMPULSION REDUCIDA
REG29:     DS    2          ;CONSIGNA TEMPERATURA ACS
REG30:     DS    2          ;CONSIGNA PRESION IMPULSION
REG31:     DS    2          ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.CALDERA (LSB)
REG32:     DS    2          ;TIEMPO INTEGRACION REGUL.CALDERA (LSB)
REG33:     DS    2          ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.TEMP. (LSB)
REG34:     DS    2          ;TIEMPO INTEGRACION REGUL.TEMP. (LSB)
REG35:     DS    2          ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.ACS (LSB)
REG36:     DS    2          ;TIEMPO INTEGRACION REGUL.ACS (LSB)
REG37:     DS    2          ;BANDA PROPORCIONAL REGUL.PRESION (LSB)
REG38:     DS    2          ;TIEMPO APERTURA VALVULA 1 (SEGS) (LSB)
REG39:     DS    2          ;TIEMPO APERTURA VALVULA 2 (SEGS) (LSB)
REG40:     DS    2          ;TIEMPO APERT. VALVULA ACS (SEGS) (LSB)
REG41:     DS    2          ;HISTERESIS ACS (LSB)
REG42:     DS    2          ;TEMPERATURA IMPULSION PARA ANTIHIELO
REG43:     DS    2          ;TEMPERATURA EXTERIOR PARA ANTIHIELO
REG44:     DS    2          ;HISTERESIS TEMPERATURA EXTERIOR (LSB)
REG45:     DS    2          ;TEMPERATURA REGULACION ANTIHIELO

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
REG46:  DS    2                ;TIEMPO ACTUACION ANTIHIELO (MIN) (LSB)
REG47:  DS    2                ;TEMPERATURA ACUMULADOR LEGIONELLA
REG48:  DS    2                ;TIEMPO ACTUACION LEGIONELLA (MIN) (LSB)
REG49:  DS    2                ;TEMPERAT. EXTERIOR APAGADO CALEFACCION
REG50:  DS    2                ;TIEMPO APAGADO CALDERA (SEG) (LSB)
REG51:  DS    2                ;HORA (MSB), MINUTOS (LSB)
REG52:  DS    2                ;DIA SEMANA (MSB), DIA DEL MES (LSB)
REG53:  DS    2                ;MES (MSB), AÑO (LSB)
```

```
;-----INTERRUPCIONES-----
```

```
ORG     $FFFE
```

```
DC.W    START                ;RESET
```

```
ORG     $FFD0
```

```
DC.W    INTAD                ;CONVERTIDOR A/D
```

```
ORG     $FFD6
```

```
DC.W    RECEP2              ;RECEPCION SERIE CANAL2
```

```
ORG     $FFDC
```

```
DC.W    RECEP1              ;RECEPCION SERIE CANAL1
```

```
ORG     $FFE8
```

```
DC.W    TIMER                ;INTERRUPCION TIMER
```

```
;PROGRAMA
```

```
ORG     $9000                ;DIRECCIÓN DONDE COMIENZA EN PROGRAMA, MEMORIA FLASH
```

```
START:  LDHX   #$260
        TXS
        LDHX   #0
```

```
;-----INICIALIZACION DE REGISTROS-----
```

```
MOV     #$2A, ICGC1
MOV     #$BB, ICGC2          ;FRECUENCIA CLOCK:2,777 MHZ.
LDA     #$C0
STA     SOPT
LDA     #$88
STA     SOPT2
MOV     #0, PTADD
MOV     #0, PTBDD
MOV     #$5F, PTCDD
MOV     #$FC, PTDDD
MOV     #$E5, PTEDD
MOV     #$FF, PTFDD
MOV     #$74, PTGDD
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
LDA    #$FF
STA    PTAPE                ;PULL-UPS PUERTO A
LDA    #3
STA    PTDPE                ;PULL-UPS PUERTO D
LDA    #$18
STA    PTEPE                ;PULL-UPS PUERTO D
LDA    #3
STA    PTGPE
MOV     #0,PTCD
MOV     #0,PTDD                ;SALIDAS DESACTIVADAS
MOV     #0,PTED
MOV     #0,PTFD                ;SALIDAS DESACTIVADAS
MOV     #0,PTGD

; -----INICIALIZACION DE INTERRUPCIONES-----

MOV     #$60,ADCSC1          ;PERMISO INTERRUPCIONES A/D
MOV     #$F9,ADCCFG          ;CONFIGURACION A/D
MOV     #$FF,APCTL1          ;PINES ANALOGICOS
MOV     #0,APCTL2
MOV     #$48,TPM1SC
MOV     #5,TPM1MODH          ;TIMER1: 2 IMPULSOS/MSEG
MOV     #$6C,TPM1MODL
MOV     #0,SCI1C1
MOV     #$24,SCI1C2          ;INTERRUPCIONES RECEPCION
MOV     #0,SCI1BDH          ;9600 BAUDIOS
MOV     #9,SCI1BDL          ;***** $12 PARA 19200 BAUDIOS
MOV     #0,SCI2C1
MOV     #$24,SCI2C2          ;INTERRUPCIONES RECEPCION
MOV     #0,SCI2BDH          ;9600 BAUDIOS
MOV     #9,SCI2BDL          ;***** $12 PARA 19200 BAUDIOS

;-----INICIALIZACIÓN DE VARIABLES -----

MOV     #0,DSEG
MOV     #0,FLAGS1
MOV     #0,FLAGS3
MOV     #0,TINT
MOV     #0,NAD
MOV     #0,CHAN
MOV     #0,IBUF1
MOV     #0,IBUF2
MOV     #0,POSM
MOV     #0,INPUTC
MOV     #0,TACT1
MOV     #0,TACT2
MOV     #0,TACTA
MOV     #0,NEWE
MOV     #0,AERRC
MOV     #0,AERRC+1
MOV     #0,AERTI1
MOV     #0,AERTI1+1
MOV     #0,AERTI2
MOV     #0,AERTI2+1
MOV     #0,AERACS
MOV     #0,AERACS+1
MOV     #0,OUTAC
MOV     #0,OUTAT1
MOV     #0,OUTAT2
MOV     #0,OUTATA
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

MOV    #0,ROIC
MOV    #0,ROIT1
MOV    #0,ROIT2
MOV    #0,ROIACS
MOV    #$FF,CRC1
MOV    #$FF,CRC1+1
MOV    #$FF,CRC2
MOV    #$FF,CRC2+1
LDA    #0
STA    REG4
STA    REG4+1
STA    REG5
STA    REG5+1
STA    REG14
STA    REG15
STA    REG16
STA    REG17

MOV    #$A0,CODEM
MOV    #MVIRG,POSM+1
JSR    READ                ;LECTURA DE MEMORIA EEPROM
CMP    #$FF                ;2 LECTURAS SUCESIVAS PARA VER SI ESTÁ BIEN
BNE    YAPROG
INC    POSM+1
JSR    READ
CMP    #$FF
BNE    YAPROG
MOV    #ADATA,POSM+1
LDA    #0
JSR    PROG                ;ESCRITURA MEMORIA EEPROM CON DATOS POR DEFECTO
LDX    #0
MOV    #ACAGUA,POSM+1
MICONTE: LDA    #0
        JSR    IPROG
        INCX
        CPX    #$C
        BNE    MICONTE

;*****

LDX    #0
MINV:   MOV    #AREG24,POSM+1
        LDA    DEFVAL,X
        JSR    IPROG
        INCX
        CPX    #$32
        BNE    MINV
YAPROG: JSR    RWDOG
        BCLR   4,PTCD        ;ENABLE RECEPCIONES
        BCLR   2,PTED
        BRCLR  1,PTGD,ATEST   ;¿AUTOTEST?
        JMP    NATEST        ;NO
ATEST:  MOV    #TSTAT,POSM+1  ;SI
        LDA    #$FF
        JSR    PROG

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

MOV    #TSTEPR, POSM+1          ;COMPROBAR EEPROM
LDA     #$AA
JSR     IPROG
LDA     #$55
JSR     PROG
MOV     #TSTEPR, POSM+1
JSR     READ
CBEQA   #$AA, NERR1M
BRA     JERR1
NERR1M: JSR     IREAD
CBEQA   #$55, NERR2M
BRA     JERR1
NERR2M: MOV     #TSTEPR, POSM+1
LDA     #0
JSR     IPROG
JSR     PROG
MOV     #$D0, CODEM
MOV     #$A, POSM+1             ;COMPROBAR RTC
LDA     #$AA
JSR     IPROG
LDA     #$55
JSR     PROG
MOV     #$A, POSM+1
JSR     READ
CBEQA   #$AA, NERR3M
BRA     JERR1
NERR3M: JSR     IREAD
CBEQA   #$55, NERR4M
JERR1:  JMP     ERROR
NERR4M: MOV     #$A, POSM+1
LDA     #0
JSR     IPROG
JSR     PROG
MOV     #$A0, CODEM

ERROR:  JSR     RWDOG             ;ERROR AUTOTEST
BRA     ERROR
FAT:    JSR     DELAT
MOV     #TSTAT, POSM+1         ;AUTOTEST CORRECTO
LDA     #0
JSR     PROG

NATEST: MOV     #ADIR, POSM+1    ;LEER DATOS DE EEPROM
JSR     READ
STA     REG1
MOV     #ADATA, POSM+1
JSR     READ
STA     FLAGS2
LDX     #0
MOV     #ACAGUA, POSM+1
MRCONT: JSR     READ
STA     REG18, X
INC     POSM+1
INCX
CPX     #$C
BNE     MRCONT

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

LDX    #0
MOV     #AREG24, POSM+1
MIREG:  JSR     READ
        STA     REG24, X
        INC     POSM+1
        INCX
        CPX     #$32
        BNE     MIREG

        MOV     #TSTAT, POSM+1
        JSR     READ
CBEQA   #0, TESTOK      ; ¿AUTOTEST CORRECTO?
NOP                      ; NO
        JSR     DELAT
TESTOK:  MOV     #$D0, CODEM      ; LEER DATOS DEL RTC
        MOV     #0, POSM
        MOV     #0, POSM+1
        JSR     READ
        AND     #$7F
        JSR     PROG
        JSR     IREAD
        JSR     MUL10
        STA     REG49+1
        JSR     IREAD
        AND     #$3F
        PSHA
        JSR     PROG
        PULA
        JSR     MUL10
        STA     REG49
        JSR     IREAD
        DECA
        STA     REG50
        JSR     IREAD
        AND     #$3F
        JSR     MUL10
        STA     REG50+1
        JSR     IREAD
        AND     #$1F
        JSR     MUL10
        STA     REG51
        JSR     IREAD
        JSR     MUL10
        STA     REG51+1
        JSR     CWEEK      ; CALCULO DEL DIA DE LA SEMANA
        LDA     BIN
        CMP     REG50
        BEQ     WOK
        MOV     #3, POSM+1
        LDA     BIN
        STA     REG50
        JSR     PROG
WOK:     MOV     #$A0, CODEM

WAITAD:  JSR     RWDOG
        LDA     NAD
        CMP     #8
        BNE     WAITAD

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

;-----
;-----PROGRAMA
PRINCIPAL-----
;-----

COMZO:  CLI                      ;HABILITACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES
        MOV    #$D0,CODEM        ;LEER DATOS DE RTC EXTERNO
        MOV    #1,POSM+1
        JSR    READ
        JSR    MUL10
        STA    REG49+1
        JSR    IREAD
        AND    #$3F
        JSR    MUL10
        STA    REG49
        JSR    IREAD
        DECA
        STA    REG50
        JSR    IREAD
        AND    #$3F
        JSR    MUL10
        STA    REG50+1
        JSR    IREAD
        AND    #$1F
        JSR    MUL10
        STA    REG51
        JSR    IREAD
        JSR    MUL10
        STA    REG51+1
        MOV    #$A0,CODEM
        JSR    TRANS              ;ROUTINA TRANSMISION SERIE
        JSR    GETMED            ;TOMAR MEDIDAS ANALOGICAS
        LDA    PTAD              ;TOMAR ENTRADAS DIGITALES
        COMA
        CMP    REG4+1
        BEQ    FDIG              ;NO HAY CAMBIO
        STA    NEWI
        LDX    #8
MASIN:  JSR    DELB
        LDA    PTAD
        COMA
        CMP    NEWI
        BNE    FDIG
        DBNZX MASIN
        LDA    NEWI
        STA    REG4+1
FDIG:   LDA    PTDD              ;TOMAR ENTRADAS CONTADORES
        COMA
        AND    #3
        CMP    INPUTC
        BEQ    FDIGC            ;NO HAY CAMBIO
        STA    NEWI
        LDX    #8
MASINC: JSR    DELI2C
        LDA    PTDD
        COMA
        AND    #3
        CMP    NEWI
        BNE    FDIGC
        DBNZX MASINC

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

EOR    INPUTC
STA    CHDIG
LDA    NEWI
STA    INPUTC
LDX    #0
MINCD: JSR    GRCH01          ;MIRAR EL CAMBIO PARA INCREMENTAR CONTADOR
INCX
CPX    #2
BNE    MINCD
LDX    #0
MOV    #ACAGUA, POSM+1
MGCONT: LDA    REG18, X
JSR    IPROG
INCX
CPX    #$C
BNE    MGCONT
FDIGC: LDA    NEWI          ;¿HACER NUEVO CALCULO?
BNE    YANEWE          ;SI
JMP    FINCE          ;NO
YANEWE: MOV    #0, NEWI
LDA    REG26+1          ;CONSIGNA TEMP SALIDA CALDERA
SUB    REG10+1          ;TEMP SALIDA CALDERA
STA    ERR+1          ;CALCULO ERROR
LDA    REG26
SBC    REG10
STA    ERR
BRCLR  7, ERR, NEWEC
LDA    #0
STA    REG14+1          ;SALIDA ANALOG. REGULACION LLAMA1
STA    REG15+1          ;SALIDA ANALOG. REGULACION LLAMA2
MOV    #0, OUTAC
MOV    #0, AERRC
MOV    #0, AERRC+1
MOV    #0, ROIC
BRA    CETI1
NEWEC: LDA    REG14+1
STA    OUT
LDA    REG31+1
STA    BP
LDA    REG32+1
STA    TI
MOV    OUTAC, OUTA
MOV    AERRC, AERR
MOV    AERRC+1, AERR+1
MOV    ROIC, ROI
JSR    CALPI          ;CALCULO SALIDA CALDERA
LDA    OUT
STA    REG14+1
STA    REG15+1
MOV    OUTA, OUTAC
MOV    AERR, AERRC
MOV    AERR+1, AERRC+1
MOV    ROI, ROIC
CETI1: LDA    TACT1
BNE    CETI2          ;TIEMPO DE ACTUACION NO CERO
LDA    REG27+1
SUB    REG6+1
STA    ERR+1
LDA    REG27
SBC    REG6

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        STA     ERR
        BRCLR  7,ERR,NEWET1
        MOV     #0,OUTT1
        MOV     #0,OUTAT1
        MOV     #0,AERTI1
        MOV     #0,AERTI1+1
        MOV     #0,ROIT1
        BRA     CETI2
NEWET1:  MOV     OUTT1,OUT
        LDA     REG33+1
        STA     BP
        LDA     REG34+1
        STA     TI
        MOV     OUTAT1,OUTA
        MOV     AERTI1,AERR
        MOV     AERTI1+1,AERR+1
        MOV     ROIT1,ROI

;-----CALCULOS SALIDAS PI-----

        JSR     CALPI                      ;CALCULO SALIDA VALV.IMPULSION 1
        MOV     OUT,OUTT1
        MOV     OUTA,OUTAT1
        MOV     AERR,AERTI1
        MOV     AERR+1,AERTI1+1
        MOV     ROI,ROIT1
CETI2:   LDA     TACT2
        BNE     CETIAC
        LDA     REG27+1
        SUB     REG7+1
        STA     ERR+1
        LDA     REG27
        SBC     REG7
        STA     ERR
        BRCLR  7,ERR,NEWET2
        MOV     #0,OUTT2
        MOV     #0,OUTAT2
        MOV     #0,AERTI2
        MOV     #0,AERTI2+1
        MOV     #0,ROIT2
        BRA     CETIAC
NEWET2:  MOV     OUTT2,OUT
        LDA     REG33+1
        STA     BP
        LDA     REG34+1
        STA     TI
        MOV     OUTAT2,OUTA
        MOV     AERTI2,AERR
        MOV     AERTI2+1,AERR+1
        MOV     ROIT2,ROI

        JSR     CALPI                      ;CALCULO SALIDA VALV.IMPULSION 2
        MOV     OUT,OUTT2
        MOV     OUTA,OUTAT2
        MOV     AERR,AERTI2
        MOV     AERR+1,AERTI2+1
        MOV     ROI,ROIT2
CETIAC:  LDA     TACTA
        BNE     FINCE

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

LDA    REG29+1
SUB    REG11+1
STA    ERR+1
LDA    REG29
SBC    REG11
STA    ERR
BRCLR  7,ERR,NEWETA
MOV    #0,OUTTA
MOV    #0,OUTATA
MOV    #0,AERACS
MOV    #0,AERACS+1
MOV    #0,ROIACS
BRA    FINCE
NEWETA: MOV    OUTTA,OUT
LDA    REG35+1
STA    BP
LDA    REG36+1
STA    TI
MOV    OUTATA,OUTA
MOV    AERACS,AERR
MOV    AERACS+1,AERR+1
MOV    ROIACS,ROI

JSR    CALPI                      ;CALCULO SALIDA VALV.IMPULSION ACS
MOV    OUT,OUTTA
MOV    OUTA,OUTATA
MOV    AERR,AERACS
MOV    AERR+1,AERACS+1
MOV    ROI,ROIACS
FINCE: LDA    TACT1
BNE    ACTV1
LDX    #$64
LDA    OUTT1
MUL
PSHX
PULH
LDX    #$FF
DIV
STA    POS1                      ;POSICION DE LA VALVULA
LDHX   #0
LDX    REG38+1
LDA    OUTT1
MUL
PSHX
PULH
LDX    #$FF
DIV
STA    TPOS1                    ;TIEMPO PARA LA POSICION
LDHX   #0
LDA    POS1
BNE    NCV1
BRSET  3,FLAGS3,ACTV1
BSET   3,FLAGS3
LDA    REG38+1
BRA    CLCO1
NCV1:  BCLR   0,FLAGS3
LDA    TPOS1
SUB    TPOSA1                  ;DIFERENCIA DE TIEMPOS DE POSICION
BCC    ABRIR1

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        NEGA
CLCO1:   BSET    0,FLAGS3
ABRIR1:  STA     TACT1                ;DIFERENCIA DE TIEMPOS EN TIEMPO ACTUACION
ACTV1:   LDA     TACT1
        BEQ     FINV1
        BRSET   0,FLAGS3,CLOSE1
        BCLR    3,FLAGS3
        LDA     REG5+1
        AND     #$3F
        ORA     #$80                ;ACTUAR APERTURA
        BRA     YOV1
CLOSE1:  LDA     REG5+1
        AND     #$3F
        ORA     #$40                ;ACTUAR CIERRE
        BRA     YOV1
FINV1:   LDA     REG5+1
        AND     #$3F                ;NO ACTUAR VALVULA
YOV1:    STA     REG5+1
        MOV     TPOS1,TPOSA1
        LDA     TACT2                ;CALCULO VALVULA 2
        BNE     ACTV2
        LDX     #$64
        LDA     OUTT2
        MUL
        PSHX
        PULH
        LDX     #$FF
        DIV
        STA     POS2
        LDHX    #0
        LDX     REG39+1
        LDA     OUTT2
        MUL
        PSHX
        PULH
        LDX     #$FF
        DIV
        STA     TPOS2
        LDHX    #0
        LDA     POS2
        BNE     NCV2
        BRSET   4,FLAGS3,ACTV2
        BSET    4,FLAGS3
        LDA     REG39+1
        BRA     CLCO2
NCV2:    BCLR    1,FLAGS3
        LDA     TPOS2
        SUB     TPOSA2
        BCC     ABRIR2
        NEGA
CLCO2:   BSET    1,FLAGS3
ABRIR2:  STA     TACT2
ACTV2:   LDA     TACT2
        BEQ     FINV2
        BRSET   1,FLAGS3,CLOSE2
        BCLR    4,FLAGS3
        LDA     REG5+1
        AND     #$CF
        ORA     #$20
        BRA     YOV2

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
CLOSE2:  LDA    REG5+1
          AND    #$CF
          ORA    #$10
          BRA    YOV2
FINV2:   LDA    REG5+1
          AND    #$CF
YOV2:    STA    REG5+1
          MOV    TPOS2,TPOSA2
          LDA    TACTA
          BNE    ACTVA
          LDX    #$64
          LDA    OUTTA
          MUL
          PSHX
          PULH
          LDX    #$FF
          DIV
          STA    POSA
          LDHX   #0
          LDX    REG40+1
          LDA    OUTTA
          MUL
          PSHX
          PULH
          LDX    #$FF
          DIV
          STA    TPOSA
          LDHX   #0
          LDA    POSA
          BNE    NCVA
          BRSET  5,FLAGS3,ACTVA
          BSET   5,FLAGS3
          LDA    REG40+1
          BRA    CLCOA
NCVA:    BCLR   2,FLAGS3
          LDA    TPOSA
          SUB    TPOSAA
          BCC    ABRIRA
          NEGA
CLCOA:   BSET   2,FLAGS3
ABRIRA:  STA    TACTA
ACTVA:   LDA    TACTA
          BEQ    FINVA
          BRSET  2,FLAGS3,CLOSEA
          BCLR   5,FLAGS3
          LDA    REG5+1
          AND    #$F3
          ORA    #8
          BRA    YOVA
CLOSEA:  LDA    REG5+1
          AND    #$F3
          ORA    #4
          BRA    YOVA
FINVA:   LDA    REG5+1
          AND    #$F3
YOVA:    STA    REG5+1
          MOV    TPOSA,TPOSAA
```

```
;*****
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

OUTDIG:  LDA    REG5                      ;SALIDAS DIGITALES
          STA    PTFD
          LDA    PTDD
          AND    #3
          ORA    REG5+1
          STA    PTDD
OUTDAO:  LDX    #0                      ;SALIDAS ANALOGICAS
MATDAO:  JSR    RWDOG
          JSR    PDAC
          JSR    SADAC
          PSHX
          TXA
          ASLA
          TAX
          INCX
          LDA    REG14,X
          JSR    SDDAC
          JSR    DELAY
          PULX
          INCX
          CPX    #2
          BNE    MATDAO
          JMP    COMZO                  ;VUELTA AL INICIO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

; -----FIN PROGRAMA PRINCIPAL-----

; -----SUBROUTINAS-----

;-----INICIO GETMED: MEDIDAS ANALOGICAS-----

GETMED:  LDX    #0
MGETM:  PSHX
          TXA
          ASLA                      ;DESPLAZAMIENTO A LA IZQUIERDA
          ASLA
          ASLA
          ASLA
          TAX
          MOV    #0,ANM+2
          JSR    MEDIA              ;HALLAR MEDIA
          PULX
          PSHX
          CPX    #6
          BCS    MEDT
          LDA    ANM
          STA    GMED
          LDA    ANM+1
          STA    GMED+1
          JMP    GMEDNT
MEDT:   LDX    ANM+1
          LDA    TABLAT,X          ;TOMAR VALOR DE TABLA
          STA    GMED
          INCX
          LDA    TABLAT,X
          STA    GMED+1
          CPX    #$FF
          BNE    NOFT

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        LDA    #$FF
        STA    VCOMP
        LDA    #$AA
        STA    VCOMP+1
        BRA    SIFT
NOFT:   INCX
        LDA    TABLAT,X
        STA    VCOMP
        INCX
        LDA    TABLAT,X
        STA    VCOMP+1
SIFT:   LDA    GMED+1
        SUB    VCOMP+1
        STA    VCOMP+1
        LDA    GMED
        SBC    VCOMP
        STA    VCOMP
        LDX    ANM+2
        LDA    #0
        STA    BIN
        STA    BIN+1
WYAPOL: CPX    #0
        BEQ    YAPOL
        LDA    BIN+1
        ADD    VCOMP+1
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        ADC    VCOMP
        STA    BIN
        DECX
        BRA    WYAPOL
YAPOL:  LSR    BIN
        ROR    BIN+1
        LSR    BIN
        ROR    BIN+1
        LSR    BIN
        ROR    BIN+1
        BCC    NCPOL
        LDA    #1
        ADD    BIN+1
        STA    BIN+1
        LDA    #0
        ADC    BIN
        STA    BIN
NCPOL:  LDA    GMED+1
        SUB    BIN+1
        STA    GMED+1
        LDA    GMED
        SBC    BIN
        STA    GMED
        PULX
        PSHX
GMEDNT: TXA
        ASLA
        TAX
        LDA    GMED
        STA    REG6,X      ;GUARDAR VALOR DE TEMPERATURA
        INCX
        LDA    GMED+1
        STA    REG6,X

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
INCX
CPX    #8
BEQ    FGETM
JMP     MGETM
FGETM: RTS
```

```
; -----MEDIA--> SUBROUTINA DENTRO DE GETMED-----
```

```
MEDIA:  LDA    AN0+1,X                ;HALLAR MEDIA DE MEDIDA
        ADD    AN0+3,X
        STA    ANM+1
        LDA    AN0,X
        ADC    AN0+2,X
        STA    ANM
        LDA    AN0+5,X
        ADD    ANM+1
        STA    ANM+1
        LDA    AN0+4,X
        ADC    ANM
        STA    ANM
        LDA    AN0+7,X
        ADD    ANM+1
        STA    ANM+1
        LDA    AN0+6,X
        ADC    ANM
        STA    ANM
        LDA    AN0+9,X
        ADD    ANM+1
        STA    ANM+1
        LDA    AN0+8,X
        ADC    ANM
        STA    ANM
        LDA    AN0+$B,X
        ADD    ANM+1
        STA    ANM+1
        LDA    AN0+$A,X
        ADC    ANM
        STA    ANM
        LDA    AN0+$D,X
        ADD    ANM+1
        STA    ANM+1
        LDA    AN0+$C,X
        ADC    ANM
        STA    ANM
        LDA    AN0+$F,X
        ADD    ANM+1
        STA    ANM+1
        LDA    AN0+$E,X
        ADC    ANM
        STA    ANM
        LSR    ANM
        ROR    ANM+1
        LSR    ANM
        ROR    ANM+1
        LSR    ANM
        ROR    ANM+1
        TXA
        LSRA
        LSRA
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
LSRA
LSRA
TAX
CPX    #6
BCC    NMEDT
LSR     ANM
ROR     ANM+1
ROR     ANM+2
LSR     ANM
ROR     ANM+1
ROR     ANM+2
LSR     ANM
ROR     ANM+1
ROR     ANM+2
LSR     ANM
ROR     ANM+1
ROR     ANM+2
ASL     ANM+1
ROL     ANM
LSR     ANM+2
LSR     ANM+2
LSR     ANM+2
LSR     ANM+2
LSR     ANM+2
NMEDT:  RTS

; -----FIN GETMED-----

; -----INICIO GRCH01-----

GRCH01:  LSR     CHDIG                ;CAMBIO EN ENTRADAS CONTADORES
        BCC     NCHID
        LSR     NEWI
        BCC     NINCD
        PSHX
        TXA
        ASLA
        STA     BIN
        ASLA
        ADD     BIN
        TAX
        INCX
        LDA     REG20,X                ;CAMBIO DE 0 A 1: INCREMENTAR CONTADOR
        INCA
        STA     REG20,X
        BNE     NINCD
        DECX
        LDA     REG20,X
        INCA
        STA     REG20,X
        BNE     NINCD
        DECX
        LDA     REG20,X
        INCA
        STA     REG20,X
        BNE     NINCD
        DECX
        LDA     REG20,X
        INCA
        STA     REG20,X
        BNE     NINCD
        DECX
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        LDA    REG20,X
        INCA
        STA    REG20,X
        BNE    NINCD
        DECX
        LDA    REG20,X
        INCA
        STA    REG20,X
FINCD:   PULX
NINCD:   RTS
NCHID:   LSR    NEWI
        RTS

;-----FIN GRCH1-----

;-----INICIO CALPI-----

CALPI:   LDA    ERR+1                ;CALCULO SALIDA PI
        SUB    AERR+1
        STA    ERRX+1
        LDA    ERR
        SBC    AERR
        STA    ERRX
        MOV    ERR,AERR
        MOV    ERR+1,AERR+1
        LDA    OUT
        BNE    NIP
INPROP:  MOV    ERR,ERRX
        MOV    ERR+1,ERRX+1
NOINT:   MOV    #0,OI
        BRA    YAINT
NIP:     LDA    TI
        BNE    SIINT
        LDA    OUT
        CMP    #$FF
        BNE    NOINT
        MOV    #0,OUTA
        BRA    INPROP
SIINT:   ASL    ERR+1
        ROL    ERR
        ASL    ERR+1
        ROL    ERR
        ASL    ERR+1
        ROL    ERR
        ASL    ERR+1
        ROL    ERR
        LDA    ERR
        CMP    TI
        BCS    SIDVTI
        MOV    #$F,OI
        BRA    YAINT
SIDVTI:  LDA    ERR
        PSHA
        PULH
        LDX    TI
        LDA    ERR+1
        DIV
        STA    OI
        PSHH
        PULA
        STA    ERR

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

BRCLR 7,ERR,NOIOI
INC    OI
NOIOI: LDA    OI
AND    #$F
ADD    ROI
STA    ROI
LSR    OI
LSR    OI
LSR    OI
LSR    OI
BRCLR 5,ROI,YAINT
INC    OI
LDA    ROI
AND    #$1F
STA    ROI
YAINT: BRSET 7,ERRX,NOSAT1
LDA    ERRX
BEQ    NOSAT1
BRA    SATU
NOSAT1: LDA    ERRX+1          ;AÑADIR PARTE PROPORCIONAL
ADD    OI
STA    ERRX+1
LDA    ERRX
ADC    #0
STA    ERRX
BCS    SATU
MOV    #0,BIN+2
BRCLR 7,ERRX,NONEGE
COM    ERRX+1          ;PARTE PROPORCIONAL NEGATIVA
COM    ERRX
LDA    ERRX+1
ADD    #1
STA    ERRX+1
LDA    ERRX
ADC    #0
STA    ERRX
MOV    #$FF,BIN+2
NONEGE: LDX    #$64
LDA    ERRX+1
MUL
STA    BIN+1
TXA
STA    BIN
LDX    #$64
LDA    ERRX
MUL
ADD    BIN
STA    BIN
TXA
ADC    #0
BEQ    NOSAT2
MOV    #$FF,OUT
BRA    NOINCO
NOSAT2: LDA    BIN
CMP    BP
BCC    SATU
LDA    BIN
PSHA
PULH
LDX    BP

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        LDA    BIN+1
        DIV
        STA    OUT
        PSHH
        PULA
        STA    BIN
        BRCLR  7,BIN,NOINCO
        INC    OUT
NOINCO:  LDHX   #0
        LDA    BIN+2
        BNE    SUBO
        CLC
        LDA    OUT
        ADD    OUTA
        BCS    SATU
OUTPI:   STA    OUTA
        STA    OUT
        RTS
SATU:    LDA    #$FF
        BRA    OUTPI
SUBO:    CLC
        LDA    OUTA
        SUB    OUT
        BCC    OUTPI
        LDA    #0
        BRA    OUTPI

;-----FIN CALPI-----

;-----INICIO TRANSIMISION SERIE-----

TRANS:   JSR    RWDOG                ;ROUTINA TRANSMISION SERIE
        BRSET  5,FLAGS1,SITR1        ;¿HA HABIDO RECEPCION DE DATOS?
        BRCLR  7,FLAGS1,NOTR
        JMP    SITR2
NOTR:    RTS                        ;NO
SITR1:   BCLR   5,FLAGS1             ;SI
        MOV    #0,IBUF1
        LDA    #$FF
        STA    CRC1
        STA    CRC1+1
        BRCLR  4,FLAGS1,NOECRC1      ;ERROR DE CRC?
        BCLR   4,FLAGS1             ;SI
        RTS
NOECRC1: JSR    DELAYP
        BCLR   5,SCI1C2              ;QUITAR INTERRUPCIONES RECEPCION
        BCLR   2,SCI1C2              ;NO PERMISO RECEPCIONES
        BSET   3,SCI1C2              ;PERMISO TRANSMISIONES
        LDA    SCI1S1
        BSET   4,PTCD                ;PONER ENABLE TRANSMISIONES
        JSR    DELAYP
        LDA    CODE1
        CBEQA  #4,CODEOK1
        CBEQA  #$10,CODEOK1
        BSET   7,CODE1              ;CODIGO INCORRECTO
        LDA    #1
        STA    CODERR1
        JMP    TRERR1
CODEOK1: LDA    DIRDAT1
        BEQ    SIEDIR1
        CMP    #$54

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
BCS    DIROK1
SIEDIR1: BSET    7,CODE1          ;ERROR DIRECCION DATO
        LDA     #2
        STA     CODERR1
        JMP     TRERR1
DIROK1:  JSR     TRINIT1
        LDA     CODE1
        CBEQA   #$10,SIWR1
        LDA     NDAT1          ;LECTURA DE REGISTROS
        ASLA
        STA     SCI1D          ;TRANSMITIR NUMERO DE BYTES
        JSR     CRCCAL1
WAIT01:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT01
        LDA     DIRDAT1
        DECA
        ASLA
        TAX
MTRDAT1: LDA     REG1,X
        STA     SCI1D          ;TRANSMITIR PRIMER BYTE
        JSR     CRCCAL1
WAIT11:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT11
        INCX
        LDA     REG1,X
        STA     SCI1D          ;TRANSMITIR SEGUNDO BYTE
        JSR     CRCCAL1
WAIT21:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT21
        INCX
        LDA     NDAT1
        DECA
        STA     NDAT1          ;¿FINAL TRANSMISION DATOS?
        BNE     MTRDAT1        ;NO,SEGUIR
        LDHX    #0
        JMP     TRCRC1        ;SI,TRANSMITIR CRC
SIWR1:   LDA     #0            ;ESCRITURA
        STA     SCI1D
        JSR     CRCCAL1
WAIT31:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT31
        LDA     DIRDAT1
        STA     SCI1D          ;TRANSMITIR DIRECCION DATO
        JSR     CRCCAL1
WAIT41:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT41
        LDA     #0
        STA     SCI1D
        JSR     CRCCAL1
WAIT51:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT51
        LDA     NDATW1
        STA     SCI1D
        JSR     CRCCAL1
WAIT61:  JSR     RWDG
        BRCLR   7,SCI1S1,WAIT61
        JMP     TRCRC1
TRERR1:  JSR     TRINIT1
        LDA     CODERR1
        STA     SCI1D          ;TRANSMITIR CODIGO ERROR
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        JSR    CRCCAL1
WAIT71:  JSR    RWD0G
        BRCLR 7,SCI1S1,WAIT71
TRCRC1:  LDA    CRC1+1
        STA    SCI1D                ;TRANSMITIR CRC
WAIT81:  JSR    RWD0G
        BRCLR 7,SCI1S1,WAIT81
        LDA    CRC1
        STA    SCI1D
WAIT91:  JSR    RWD0G
        BRCLR 7,SCI1S1,WAIT91
        JSR    DELAYP
        BCLR  4,PTCD                ;QUITAR ENABLE TRANSMISION
        JSR    DELAYP
        BCLR  3,SCI1C2              ;NO PERMISO TRANSMISIONES
        BSET  2,SCI1C2              ;PERMISO RECEPCIONES
        BSET  5,SCI1C2              ;ENABLE INTERRUPCIONES RECEPCION
        LDA    #$FF
        STA    CRC1
        STA    CRC1+1
        LDA    CODE1
        CMP    #$10
        BEQ    YAWR1
        RTS
YAWR1:   LDA    DIRDAT1
SIREG1:  DECA
        ASLA
        TAX
        LDA    DAT1R1
        STA    REG1,X
        INCX
        LDA    DAT2R1
        STA    REG1,X
        RTS
TRINIT1: LDA    REG1                ;INICIO TRANSMISION
        STA    SCI1D                ;TRANSMITIR DIRECCION
        JSR    CRCCAL1
WAITA1:  JSR    RWD0G
        BRCLR 7,SCI1S1,WAITA1
        LDA    CODE1
        STA    SCI1D                ;TRANSMITIR CODIGO
        JSR    CRCCAL1
WAITB1:  JSR    RWD0G
        BRCLR 7,SCI1S1,WAITB1
        RTS
SITR2:   BCLR  2,FLAGS1              ;RECEPCION CANAL 2
        MOV    #0,IBUF2
        LDA    #$FF
        STA    CRC2
        STA    CRC2+1
        BRCLR 6,FLAGS1,NOECRC2      ;¿ERROR DE CRC?
        BCLR  6,FLAGS1              ;SI
        RTS
NOECRC2: JSR    DELAYP
        BCLR  5,SCI2C2              ;QUITAR INTERRUPCIONES RECEPCION
        BCLR  2,SCI2C2              ;NO PERMISO RECEPCIONES
        BSET  3,SCI2C2              ;PERMISO TRANSMISIONES
        LDA    SCI2S1
        BCLR  2,PTED                ;PONER ENABLE TRANSMISIONES
        JSR    DELAYP

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
LDA    CODE2
CBEQA  #4,CODEOK2
CBEQA  #$10,CODEOK2
BSET   7,CODE2           ;CODIGO INCORRECTO
LDA    #1
STA    CODERR2
JMP    TRERR2
CODEOK2: LDA  DIRDAT2
        BEQ  SIEDIR2
        CMP  #$54
        BCS  DIROK2
SIEDIR2: BSET  7,CODE2       ;ERROR DIRECCION DATO
        LDA  #2
        STA  CODERR2
        JMP  TRERR2
DIROK2:  JSR  TRINIT2
        LDA  CODE2
        CBEQA  #$10,SIWR2
        LDA  NDAT2           ;LECTURA DE REGISTROS
        ASLA
        STA  SCI2D           ;TRANSMITIR NUMERO DE BYTES
        JSR  CRCCAL2
WAIT02:  JSR  RWDG
        BRCLR 7,SCI2S1,WAIT02
        LDA  DIRDAT2
        DECA
        ASLA
        TAX
MTRDAT2: LDA  REG1,X
        STA  SCI2D           ;TRANSMITIR PRIMER BYTE
        JSR  CRCCAL2
WAIT12:  JSR  RWDG
        BRCLR 7,SCI2S1,WAIT12
        INCX
        LDA  REG1,X
        STA  SCI2D           ;TRANSMITIR SEGUNDO BYTE
        JSR  CRCCAL2
WAIT22:  JSR  RWDG
        BRCLR 7,SCI2S1,WAIT22
        INCX
        LDA  NDAT2
        DECA
        STA  NDAT2           ;FINAL TRANSMISION DATOS?
        BNE  MTRDAT2         ;NO, SEGUIR
        LDHX #0
        JMP  TRCRC2          ;SI, TRANSMITIR CRC
SIWR2:   LDA  #0             ;ESCRITURA
        STA  SCI2D
        JSR  CRCCAL2
WAIT32:  JSR  RWDG
        BRCLR 7,SCI2S1,WAIT32
        LDA  DIRDAT2
        STA  SCI2D           ;TRANSMITIR DIRECCION DATO
        JSR  CRCCAL2
WAIT42:  JSR  RWDG
        BRCLR 7,SCI2S1,WAIT42
        LDA  #0
        STA  SCI2D
        JSR  CRCCAL2
WAIT52:  JSR  RWDG
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

BRCLR 7,SCI2S1,WAIT52
LDA    NDATW2
STA    SCI2D
JSR    CRCCAL2
WAIT62: JSR    RWDOG
BRCLR 7,SCI2S1,WAIT62
JMP    TRCRC2
TRERR2: JSR    TRINIT2
LDA    CODERR2
STA    SCI2D           ;TRANSMITIR CODIGO ERROR
JSR    CRCCAL2
WAIT72: JSR    RWDOG
BRCLR 7,SCI2S1,WAIT72
TRCRC2: LDA    CRC2+1
STA    SCI2D           ;TRANSMITIR CRC
WAIT82: JSR    RWDOG
BRCLR 7,SCI2S1,WAIT82
LDA    CRC2
STA    SCI2D
WAIT92: JSR    RWDOG
BRCLR 7,SCI2S1,WAIT92
JSR    DELAYP
BCLR 2,PTED           ;QUITAR ENABLE TRANSMISION
JSR    DELAYP
BCLR 3,SCI2C2         ;NO PERMISO TRANSMISIONES
BSET 2,SCI2C2         ;PERMISO RECEPCIONES
BSET 5,SCI2C2         ;ENABLE INTERRUPCIONES RECEPCION
LDA    #$FF
STA    CRC2
STA    CRC2+1
LDA    CODE2
CMP    #$10
BEQ    YAWR2
RTS
YAWR2:  LDA    DIRDAT2
SIREG2: DECA
ASLA
TAX
LDA    DAT1R2
STA    REG1,X
INCX
LDA    DAT2R2
STA    REG1,X
RTS
TRINIT2: LDA    REG1           ;INICIO TRANSMISION
STA    SCI2D           ;TRANSMITIR DIRECCION
JSR    CRCCAL2
WAITA2: JSR    RWDOG
BRCLR 7,SCI2S1,WAITA2
LDA    CODE2
STA    SCI2D           ;TRANSMITIR CODIGO
JSR    CRCCAL2
WAITB2: JSR    RWDOG
BRCLR 7,SCI2S1,WAITB2
RTS
BIND0:  MOV    #0,BIN
BINDEC: MOV    #0,DECIM      ;PASAR DE BINARIO EN BIN Y BIN+1
MOV     #0,DECIM+1         ;A 5 DIGITOS DECIMALES EN DECIM,
MOV     #0,DECIM+2         ;DECIM+1,DECIM+2,DECIM+3 Y DECIM+4
MOV     #0,DECIM+3

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
LDA    BIN
PSHA
LDA    BIN+1
PSHA
BRSET  7,FLAGS2,MDIG1
BRCLR  7,BIN,MDIG1
JSR    NEGBIN
MDIG1: LDA    BIN+1
        SUB    #$10
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        SBC    #$27
        STA    BIN
        BCS    YADIG1
        INC    DECIM
        BRA    MDIG1
YADIG1: LDA    BIN+1
        ADD    #$10
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        ADC    #$27
        STA    BIN
MDIG2: LDA    BIN+1
        SUB    #$E8
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        SBC    #3
        STA    BIN
        BCS    YADIG2
        INC    DECIM+1
        BRA    MDIG2
YADIG2: LDA    BIN+1
        ADD    #$E8
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        ADC    #3
        STA    BIN
MDIG3: LDA    BIN+1
        SUB    #$64
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        SBC    #0
        STA    BIN
        BCS    YADIG3
        INC    DECIM+2
        BRA    MDIG3
YADIG3: LDA    BIN+1
        ADD    #$64
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        ADC    #0
        STA    BIN
MDIG4: LDA    BIN+1
        SUB    #$A
        STA    BIN+1
        BCS    YADIG4
        INC    DECIM+3
        BRA    MDIG4
YADIG4: LDA    BIN+1
        ADD    #$A
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        STA    DECIM+4
        PULA
        STA    BIN+1
        PULA
        STA    BIN
        BRSET  7,FLAGS2,YABD
        BRCLR  7,BIN,YABD
        MOV     #$A,DECIM
YABD:    BCLR   7,FLAGS2
        RTS
BCDBIN:  LDA    DECIM+1                ;BCD EN DECIM+1 Y DECIM+2
        ASLA                    ;A BINARIO EN DATO
        STA    DATO
        ASLA
        ASLA
        ADD     DATO
        ADD     DECIM+2
        STA    DATO
        RTS
MUL10:   ASLA
        STA    BIN
        ASLA
        ASLA
        ADD     BIN
        RTS
;-----FIN TRANSMISION SERIE-----
;-----INICIO CALCULO DEL DIA DE LA SEMANA-----
CWEK:    LDA    REG51+1
        STA    BIN+1
        MOV     #0,BIN
        LDA    BIN+1
        ADD     #$D0
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        ADC     #7
        STA    BIN
        BCLR   7,FLAGS2
        LDA    BIN+1
        AND     #3
        BNE    NOB
        BSET   7,FLAGS2
NOB:     LDA    BIN+1
        SUB     #1
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        SBC     #0
        STA    BIN
        MOV     BIN,DIVDN
        MOV     BIN+1,DIVDN+1
        JSR     MOD7
        MOV     DIVDN,DATO
        MOV     BIN,DIVDN
        MOV     BIN+1,DIVDN+1
        MOV     #$64,DIVSR
        JSR     DIV21
        INC     COC
        MOV     COC,BIN
        ASL     BIN
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

LDA    BIN
ADD    COC
STA    BIN
LSR    BIN
LSR    BIN
LSR    BIN+1
ROR    BIN+2
LSR    BIN+1
ROR    BIN+2
LDA    BIN+2
SUB    BIN
STA    DIVDN+1
LDA    BIN+1
SBC    #0
STA    DIVDN
JSR    MOD7
LDA    DIVDN
ADD    DATO
STA    DATO
LDX    REG51
DECX
BRSET  7,FLAGS2,YB
LDA    TBLR,X
BRA    YN
YB:    LDA    TBLB,X
YN:    ADD    DATO
STA    DATO
LDA    REG50+1
STA    DIVDN+1
MOV    #0,DIVDN
JSR    MOD7
LDA    DIVDN
ADD    DATO
STA    DIVDN+1
MOV    #0,DIVDN
JSR    MOD7
LDA    DIVDN
BNE    YAWEEK
LDA    #7
YAWEEK: DECA
STA    BIN
RTS
MOD7:  LDA    DIVDN+1                ;CALCULO DE MODULO 7
SUB    #7
STA    DIVDN+1
LDA    DIVDN
SBC    #0
STA    DIVDN
BCC    MOD7
LDA    DIVDN+1
ADD    #7
STA    DIVDN
RTS
DIV21: MOV    #0,COC                ;DIVISION
LDA    DIVDN
BNE    SIDIV
LDA    DIVDN+1
CMP    DIVSR
BCS    FINDV2
SIDIV: LDX    #9                    ;DIVIDIR 2 BYTES POR 1 BYTE

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

LJUSD:  BRSET 7,DIVDN,LJUS2
        ASL   DIVDN+1
        ROL   DIVDN
        DECX
        BRA   LJUSD
LJUS2:  BRSET 7,DIVSR,YLJUS2
        ASL   DIVSR
        INCX
        BRA   LJUS2
YLJUS2: LDA   DIVDN
        CMP   DIVSR
        BCC   CMPD2
        LSR   DIVSR
        DECX
        BRA   YLJUS2
CMPD2:  LDA   DIVDN
        CMP   DIVSR
        BCC   COC12
COC02:  ASL   COC
        BRA   YACOC2
COC12:  SEC
        ROL   COC
        LDA   DIVDN
        SUB   DIVSR
        STA   DIVDN
YACOC2: DECX
        CBEQX #0,FINDV2
        ASL   DIVDN+1
        ROL   DIVDN
        BCS   COC12
        BRA   CMPD2
FINDV2: RTS

```

; -----FIN CALCULO DEL DIA DE LA SEMANA-----

```

DIVID:  PSHX
        LDA   #0
        STA   BIN
        STA   BIN+1
        LDX   #$11
LJUS:   BRSET 7,DIVSR,YLJUS
        ASL   DIVSR+1
        ROL   DIVSR
        INCX
        BRA   LJUS
YLJUS:  LDA   DIVDN
        CMP   DIVSR
        BCS   NLJUS
        BNE   CMPD
        LDA   DIVDN+1
        CMP   DIVSR+1
        BCC   CMPD
NLJUS:  LSR   DIVSR
        ROR   DIVSR+1
        ROR   DIVSR+2
        ROR   DIVSR+3
        DECX
        BRA   YLJUS
CMPD:   LDA   DIVDN

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

    CMP    DIVSR
    BCS    COC0
    BNE    COC1
    LDA    DIVDN+1
    CMP    DIVSR+1
    BCS    COC0
    BNE    COC1
    LDA    DIVDN+2
    CMP    DIVSR+2
    BCS    COC0
    BNE    COC1
    LDA    DIVDN+3
    CMP    DIVSR+3
    BCC    COC1
COC0:    ASL    BIN+1
    ROL    BIN
    BRA    YACOC
COC1:    SEC
    ROL    BIN+1
    ROL    BIN
    LDA    DIVDN+3
    SUB    DIVSR+3
    STA    DIVDN+3
    LDA    DIVDN+2
    SBC    DIVSR+2
    STA    DIVDN+2
    LDA    DIVDN+1
    SBC    DIVSR+1
    STA    DIVDN+1
    LDA    DIVDN
    SBC    DIVSR
    STA    DIVDN
YACOC:   DECX
    ASL    DIVDN+3
    ROL    DIVDN+2
    ROL    DIVDN+1
    ROL    DIVDN
    BCS    WFINDD
    CPX    #0
    BEQ    FINDIV
    BRA    CMPD
WFINDD:  CPX    #0
    BEQ    FINDIV
    BRA    COC1
FINDIV:  PULX
    RTS

DIVI:    ASL    DIVSR+2
    ROL    DIVSR+1
    ROL    DIVSR                ; x2
    MOV    DIVSR+2,BIN+1
    MOV    DIVSR+1,BIN
    ASL    DIVSR+2
    ROL    DIVSR+1
    ROL    DIVSR                ; x4
    LDA    DIVSR+2
    ADD    BIN+1
    STA    DIVSR+2
    LDA    DIVSR+1

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        ADC     BIN
        STA     DIVSR+1
        LDA     DIVSR
        ADC     #0
        STA     DIVSR
INDIV:   PSHX
        LDA     #0
        STA     RESUL
        STA     RESUL+1
        STA     RESUL+2
        LDX     #1
LJUSI:   BRSET 7,DIVSR,YLJUSI
        ASL     DIVSR+2
        ROL     DIVSR+1
        ROL     DIVSR
        INCX
        BRA     LJUSI
YLJUSI:  LDA     DIVDN
        CMP     DIVSR
        BCS     NLJUSI
        BNE     CMPDI
        LDA     DIVDN+1
        CMP     DIVSR+1
        BCS     NLJUSI
        BNE     CMPDI
        LDA     DIVDN+2
        CMP     DIVSR+2
        BCC     CMPDI
NLJUSI:  LSR     DIVSR
        ROR     DIVSR+1
        ROR     DIVSR+2
        DECX
        CBEQX  #0,FINDI
        BRA     YLJUSI
CMPDI:   LDA     DIVDN
        CMP     DIVSR
        BCS     COC0I
        BNE     COC1I
        LDA     DIVDN+1
        CMP     DIVSR+1
        BCS     COC0I
        BNE     COC1I
        LDA     DIVDN+2
        CMP     DIVSR+2
        BCC     COC1I
COC0I:   ASL     RESUL+2
        ROL     RESUL+1
        ROL     RESUL
        BRA     YACOCI
COC1I:   SEC
        ROL     RESUL+2
        ROL     RESUL+1
        ROL     RESUL
        LDA     DIVDN+2
        SUB     DIVSR+2
        STA     DIVDN+2
        LDA     DIVDN+1
        SBC     DIVSR+1
        STA     DIVDN+1
        LDA     DIVDN

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        SBC    DIVSR
        STA    DIVDN
YACOCI:  DECX
        ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN
        BCS    WFINDI
        CBEQX  #0,FINDI
        BRA    CMPDI
WFINDI:  CBEQX  #0,FINDI
        BRA    COC1I
FINDI:   PULX
        RTS

DIVP:    ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN                ;x2
        ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN                ;x4
        MOV    DIVDN+2,BIN+1
        MOV    DIVDN+1,BIN
        ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN                ;x8
        ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN                ;x16
        ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN                ;x32
        MOV    DIVDN+2,RESUL+2
        MOV    DIVDN+1,RESUL+1
        MOV    DIVDN,RESUL
        ASL    DIVDN+2
        ROL    DIVDN+1
        ROL    DIVDN                ;x64
        LDA    DIVDN+2
        ADD    BIN+1
        STA    DIVDN+2
        LDA    DIVDN+1
        ADC    BIN
        STA    DIVDN+1
        LDA    DIVDN
        ADC    #0
        STA    DIVDN
        LDA    DIVDN+2
        ADD    RESUL+2
        STA    DIVDN+2
        LDA    DIVDN+1
        ADC    RESUL+1
        STA    DIVDN+1
        LDA    DIVDN
        ADC    RESUL
        STA    DIVDN
        JMP    INDIV
NEGBIN:  COM    BIN
        COM    BIN+1
        LDA    BIN+1

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        ADD    #1
        STA    BIN+1
        LDA    BIN
        ADC    #0
        STA    BIN
        RTS

;-----CALCULO DE CRC-----

CRCCAL1: PSHA                                ;CALCULO DE CRC
        PSHX
        EOR    CRC1+1
        STA    CRC1+1
        LDX    #8
MCRC1:   LSR    CRC1
        ROR    CRC1+1
        BCC    NOCAR1
        LDA    #$A0
        EOR    CRC1
        STA    CRC1
        LDA    #1
        EOR    CRC1+1
        STA    CRC1+1
NOCAR1:  DBNZX  MCRC1
        PULX
        PULA
        RTS

CRCCAL2: PSHA
        PSHX
        EOR    CRC2+1
        STA    CRC2+1
        LDX    #8
MCRC2:   LSR    CRC2
        ROR    CRC2+1
        BCC    NOCAR2
        LDA    #$A0
        EOR    CRC2
        STA    CRC2
        LDA    #1
        EOR    CRC2+1
        STA    CRC2+1
NOCAR2:  DBNZX  MCRC2
        PULX
        PULA
        RTS

;-----ENVIO DE DATOS AL CONVERTIDOR D/A-----

PDAC:    BSET   5,PTED                        ;ENVIO DE DATOS AL CONVERTIDOR D/A
        JSR    DELDAC
        BSET   6,PTED
        JSR    DELDAC
        BCLR   6,PTED
        JSR    DELDAC
        BCLR   5,PTED
        RTS
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
SADAC:    CPX    #0
          BNE    NDAC0
          BCLR   6,PTED
          BSR    DACLK
          BRA    DDAC3
NDAC0:    CPX    #1
          BNE    NDAC1
          BCLR   6,PTED
          BSR    DACLK
          BSET   6,PTED
          BRA    DDAC3
NDAC1:    CPX    #2
          BNE    NDAC2
          BSET   6,PTED
          BSR    DACLK
          BCLR   6,PTED
          BRA    DDAC3
NDAC2:    BSET   6,PTED
          BSR    DACLK
DDAC3:    BSR    DACLK
          RTS

SDDAC:    PSHX
          LDX    #8
MOUTA:    ASLA
          BCS    DA1
          BCLR   6,PTED
          BRA    DA0
DA1:      BSET   6,PTED
DA0:      BSR    DACLK
          DBNZX  MOUTA
          PULX
          BCLR   6,PTED
          JSR    DELDAC
          BCLR   7,PTED
          JSR    DELDAC
          BSET   7,PTED
          JSR    DELDAC
          RTS

DACLK:    JSR    DELDAC
          BSET   5,PTED
          JSR    DELDAC
          BCLR   5,PTED
          JSR    DELDAC
          RTS

;-----INCREMENTA POSICION DE LA MEMORIA EEPROM-----

IPROG:    BSR    PROG
          INC    POSM+1
          RTS

;-----ESCRITURA MEMORIA EEPROM-----

PROG:     PSHX                                ;ESCRITURA MEMORIA EEPROM
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        PSHA
        LDA    POSM
        BNE    SPROG
        LDA    POSM+1
        CMP    #2
        BCC    SPROG
        LDA    CODEM
        CBEQA  #$D0, SPROG
        BRCLR  6, FLAGS3, FPROGM
SPROG:   BCLR   0, PTCB
        JSR    RWDOG          ;WATCH-DOG
        LDA    #5
        STA    TRYP
MPROGM:  BCLR   2, FLAGS1
        BSR    SENDAD        ;ENVIAR DIRECCION EN POSM
        PULA
        PSHA
        JSR    PRDAT          ;ENVIAR DATO EN A
        BSR    STPI2C        ;STOP
        JSR    DELAYP        ;RETARDO
        BSET   0, PTCB
        BRCLR  2, FLAGS1, FPROGM
        LDA    TRYP
        DECA
        STA    TRYP
        CBEQA  #0, FPROGM
        BRA    MPROGM
FPROGM:  PULA
        PULX
        RTS

IREAD:   INC    POSM+1

READ:    JSR    RWDOG          ;LECTURA MEMORIA EEPROM
        LDA    #5
        STA    TRYP
MREADM:  BCLR   2, FLAGS1
        PSHX
        BSR    SENDAD        ;ENVIAR DIRECCION EN POSM
        BSR    STPI2C        ;START
        LDA    POSM
        SEC
        ROLA
        ORA    CODEM
        BSR    PRDAT          ;ENVIAR DIRECCION DEVICE
        JSR    DATAR          ;TOMAR DATO EN A
        BSR    STPI2C        ;STOP
        PULX
        BRCLR  2, FLAGS1, FREADM
        PSHA
        LDA    TRYP
        DECA
        STA    TRYP
        CBEQA  #0, FRMA
        PULA
        BRA    MREADM
FRMA:    PULA
FREADM:  RTS

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
SENDAD:  BSR    STRI2C                ;START
         LDA    POSM
         ASLA
         ORA    CODEM
         BSR    PRDAT                ;DIRECCION DEVICE
         LDA    POSM+1
         BSR    PRDAT                ;ENVIAR DIRECCION
         RTS

STRI2C:   BSET   2,PTCD                ;START BUS I2C
         JSR    DELI2C
         BSET   1,PTCD
         JSR    DELI2C
         BCLR   2,PTCD
         JSR    DELI2C
         BCLR   1,PTCD
         JSR    DELI2C
         RTS

STPI2C:   BCLR   2,PTCD                ;STOP BUS I2C
         JSR    DELI2C
         BSET   1,PTCD
         JSR    DELI2C
         BSET   2,PTCD
         JSR    DELI2C
         RTS

PRDAT:    LDX    #8                    ;ENVIAR DATO BUS I2C
MPROG:    ASLA
         BCS    DAT1
         BCLR   2,PTCD
         BRA    DAT0
DAT1:     BSET   2,PTCD
DAT0:     JSR    MEMCLK
         DBNZX  MPROG
         BCLR   2,PTCDD                ;ACKNOWLEDGE
         JSR    DELI2C
         BSET   1,PTCD
         JSR    RDWDOG
         BRCLR  2,PTCD,NACKEP
         JSR    RDWDOG
         BRCLR  2,PTCD,NACKEP
         JSR    RDWDOG
         BRCLR  2,PTCD,NACKEP
         JSR    RDWDOG
         BRCLR  2,PTCD,NACKEP
         JSR    RDWDOG
         BRCLR  2,PTCD,NACKEP
         JSR    RDWDOG
         BSET   2,FLAGS1
NACKEP:   BCLR   1,PTCD
         BSET   2,PTCDD
         BSR    DELI2C
         RTS
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
DATAR:    BCLR    2,PTCDD                ;LEER DATO BUS I2C
          LDX     #8
MREAD:    BSR     DELI2C
          BSET    1,PTCD
          BSR     DELI2C
          BRSET   2,PTCD,DATA1
          CLC
          BRA     DATA0
DATA1:    SEC
DATA0:    ROLA
          BCLR    1,PTCD
          DBNZX   MREAD
          BSET    2,PTCDD
          BSET    2,PTCD
          BSR     MEMCLK
          RTS

MEMCLK:    BSR     DELI2C                ;CLOCK BUS I2C
          BSET    1,PTCD
          BSR     DELI2C
          BCLR    1,PTCD
          BSR     DELI2C
          RTS

DELAT:     MOV     #0,DSEG
          MOV     #1,TINT
WDAT:     BSR     RWDOG
          LDA     TINT
          BNE     WDAT
          RTS

DELAYP:    PSHX
          LDX     #$A
MDELP:     BSR     DELB
          DBNZX   MDELP
          PULX
          RTS

DELAY:     PSHX
          LDX     #$40
MDEL:     BSR     DELB
          BSR     RWDOG
          DBNZX   MDEL
          PULX
          RTS

DELB:      PSHX                ;RETARDO BASE
          LDX     #0
MDELB:     BSR     DELI2C
          DBNZX   MDELB
          PULX
          RTS

DELI2C:    NOP                ;RETARDO BUS I2C
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
DELDAC:  NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
RTS

RDWDOG:  JSR    DELI2C
RWDOG:   LDA    #$FF
        STA    WDOG
        RTS

;-----INTERUPCION CONVERTIDOR A/D-----

INTAD:   PSHA
        PSHX
        LDA    BIN
        PSHA
        LDA    CHAN
        ASLA
        ASLA
        ASLA
        ASLA
        STA    BIN
        ADD    #$D
        TAX
MDSI:    LDA    AN0,X
        INCX
        INCX
        STA    AN0,X
        DECX
        DECX
        DECX
        TXA
        SUB    BIN
        BPL    MDSI
        BRSET  0,FLAGS1,NFAD1
        LDA    ADCRH
        LDA    ADCRL
        JMP    FINAD
NFAD1:   BCLR   0,FLAGS1
        INCX
        LDA    AN0,X
        STA    ANMA
        INCX
        LDA    AN0,X
        STA    ANMA+1
        DECX
        LDA    ADCRH
        AND    #3
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

STA    AN0,X
INCX
LDA    ADCRL
STA    AN0,X
DECX
LDA    NAD
CMP    #8
BNE    OKMS
INCX
LDA    AN0,X
SUB    ANMA+1
STA    ANAUX+1
DECX
LDA    AN0,X
SBC    ANMA
STA    ANAUX
BCS    MENORI          ;NUEVA MEDIDA ES MENOR
LDA    ANAUX+1          ;NUEVA MEDIDA ES MAYOR
SUB    #8
LDA    ANAUX
SBC    #0
BCS    OKMS             ;DIFERENCIA MENOR DE 8
INCX
LDA    ANMA+1           ;DIFERENCIA MAYOR DE 8
ADD    #8               ;SUMAR 8 A MEDIDA ANTERIOR
STA    AN0,X
DECX
LDA    ANMA
ADC    #0
STA    AN0,X
BRA    OKMS
MENORI: LDA    ANAUX+1    ;NUEVA MEDIDA ES MENOR
SUB    #$F8
LDA    ANAUX
SBC    #$FF
BCC    OKMS             ;DIFERENCIA MENOR DE 8
INCX
LDA    ANMA+1           ;DIFERENCIA MAYOR DE 8
SUB    #8               ;RESTAR 8 A MEDIDA ANTERIOR
STA    AN0,X
DECX
LDA    ANMA
SBC    #0
STA    AN0,X
BRA    OKMS
OKMS:  LDA    CHAN
INCA
CMP    #8
BNE    NOICH
WNAD:  LDA    NAD
CBEQA #8,NFINAD
INCA
STA    NAD
NFINAD: LDA    #0
NOICH:  STA    CHAN
FINAD:  BCLR    6,ADCSC1 ;QUITAR INTERRUPCIONES A/D
PULA
STA    BIN
PULX
PULA

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```
RTI

;-----INTERRUPCION
TIMER-----

TIMER:  PSHA
        PSHX
        BSET 0,FLAGS1
        LDA  ADCSC1
        AND  #$F0
        ORA  CHAN
        STA  ADCSC1
        BSET 5,ADCSC1
        BSET 6,ADCSC1
        INC  DSEG
        LDA  DSEG
        CMP  #5
        BNE  NCRINT
        LDA  FLAGS2
        EOR  #1
        STA  FLAGS2
        JMP  FINIT
NCRINT:  CBEQA #$A,NFIT
        JMP  FINIT
NFIT:    LDA  FLAGS2
        EOR  #1
        STA  FLAGS2
        MOV  #$FF,NEWE
        MOV  #0,DSEG
        LDA  TINT
        BEQ  NTINT
        DEC  TINT
NTINT:   LDA  TACT1
        BEQ  NDTA1
        DEC  TACT1
NDTA1:   LDA  TACT2
        BEQ  NDTA2
        DEC  TACT2
NDTA2:   LDA  TACTA
        BEQ  NDTAA
        DEC  TACTA
NDTAA:   NOP
FINIT:   LDA  TPM1SC
        AND  #$7F
        STA  TPM1SC
        PULX
        PULA
        RTI

;-----INTERRUPCION RECEPCION SERIE CANAL
1-----

RECEP1:  PSHA
        LDA  SCI1S1
        LDA  SCI1D          ;TOMAR DATO
        PSHA
        LDA  IBUF1          ;¿PRIMER DATO?
        BNE  NODR01         ;NO
        PULA
        CMP  REG1
```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        BEQ     SIREC1
INITR1:  MOV     #0,IBUF1
        MOV     #$FF,CRC1
        MOV     #$FF,CRC1+1
        JMP     FINR1
SIREC1:  JSR     CRCCAL1
        MOV     #1,IBUF1
        JMP     FINR1
NODR01:  CMP     #1                ;¿SEGUNDO DATO?
        BNE     NODR11            ;NO
        PULA
        STA     CODE1            ;SI, GUARDAR EN CODIGO
        JSR     CRCCAL1
        MOV     #2,IBUF1
        JMP     FINR1
NODR11:  CMP     #2                ;¿TERCER DATO?
        BNE     NODR21            ;NO
        PULA
        CMP     #0
        BNE     INITR1
        JSR     CRCCAL1
        MOV     #3,IBUF1
        JMP     FINR1
NODR21:  CMP     #3                ;¿CUARTO DATO?
        BNE     NODR31            ;NO
        PULA
        STA     DIRDAT1          ;SI, GUARDAR EN DIRECCION DATO
        JSR     CRCCAL1
        MOV     #4,IBUF1
        JMP     FINR1
NODR31:  CMP     #4                ;¿QUINTO DATO?
        BNE     NODR41
        PULA
        CMP     #0
        BNE     INITR1
        JSR     CRCCAL1
        MOV     #5,IBUF1
        JMP     FINR1
NODR41:  CMP     #5                ;¿SEXTO DATO?
        BNE     NODR51            ;NO
        LDA     CODE1
        CBEQA   #$10,DATR61      ;¿SI, ESCRITURA?
        PULA
        CBEQA   #0,INITR1        ;NO
        STA     NDAT1            ;NO, GUARDAR NUMERO DE DATOS
WCRC11:  JSR     CRCCAL1
        MOV     #$C,IBUF1
        JMP     FINR1
DATR61:  PULA
        CBEQA   #0,INITR1
        STA     NDATW1
        JSR     CRCCAL1
        MOV     #6,IBUF1
        JMP     FINR1
NODR51:  CMP     #6                ;¿SEPTIMO DATO?
        BNE     NODR61            ;NO
        PULA
        CMP     #0
        BNE     NINITR1
        JMP     INITR1

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

NINITR1: STA  NDAT1
        JSR  CRCCAL1
        MOV  #7,IBUF1
        JMP  FINR1
NODR61:  CMP  #7                ;¿OCTAVO DATO?
        BNE  NODR71            ;NO
        PULA
        STA  DAT1R1            ;SI, GUARDAR PRIMER DATO RECIBIDO
        JSR  CRCCAL1
        MOV  #8,IBUF1
        JMP  FINR1
NODR71:  CMP  #8                ;NOVENO DATO?
        BNE  NODR81            ;NO
        PULA
        STA  DAT2R1            ;SI, GUARDAR SEGUNDO DATO RECIBIDO
        JSR  CRCCAL1
        MOV  #$C,IBUF1
        BRA  FINR1
NODR81:  CMP  #$C
        BNE  NODRC1
        PULA
        CMP  CRC1+1            ;¿CRC CORRECTO?
        BEQ  NECRC11            ;SI
        BSET 4,FLAGS1          ;NO, ERROR CRC
NECRC11: MOV  #$D,IBUF1
        BRA  FINR1
NODRC1:  PULA
        CMP  CRC1
        BEQ  NECRC21
        BSET 4,FLAGS1
NECRC21: BSET 5,FLAGS1          ;FIN RECEPCION DATOS
FINR1:   PULA
        RTI

; -----INTERRUPCION RECEPCION SERIE CANAL
2-----

RECEP2:  PSHA
        LDA  SCI2S1
        LDA  SCI2D              ;TOMAR DATO
        PSHA
        LDA  IBUF2              ;¿PRIMER DATO?
        BNE  NODR02            ;NO
        PULA
        CMP  REG1
        BEQ  SIREC2
INITR2:  MOV  #0,IBUF2
        MOV  #$FF,CRC2
        MOV  #$FF,CRC2+1
        JMP  FINR2
SIREC2:  JSR  CRCCAL2
        MOV  #1,IBUF2
        JMP  FINR2
NODR02:  CMP  #1                ;SEGUNDO DATO?
        BNE  NODR12            ;NO
        PULA
        STA  CODE2              ;SI, GUARDAR EN CODIGO
        JSR  CRCCAL2
        MOV  #2,IBUF2
        JMP  FINR2

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

NODR12:  CMP    #2                      ;TERCER DATO?
        BNE    NODR22                  ;NO
        PULA
        CMP    #0
        BNE    INITR2
        JSR    CRCCAL2
        MOV    #3,IBUF2
        JMP    FINR2
NODR22:  CMP    #3                      ;CUARTO DATO?
        BNE    NODR32                  ;NO
        PULA
        STA    DIRDAT2                  ;SI, GUARDAR EN DIRECCION DATO
        JSR    CRCCAL2
        MOV    #4,IBUF2
        JMP    FINR2
NODR32:  CMP    #4                      ;QUINTO DATO?
        BNE    NODR42
        PULA
        CMP    #0
        BNE    INITR2
        JSR    CRCCAL2
        MOV    #5,IBUF2
        JMP    FINR2
NODR42:  CMP    #5                      ;SEXTO DATO?
        BNE    NODR52                  ;NO
        LDA    CODE2
        CBEQA  #$10,DATR62              ;SI, ESCRITURA?
        PULA                            ;NO
        CBEQA  #0,INITR2
        STA    NDAT2                    ;NO, GUARDAR NUMERO DE DATOS
WCRC12:  JSR    CRCCAL2
        MOV    #$C,IBUF2
        JMP    FINR2
DATR62:  PULA
        CBEQA  #0,INITR2
        STA    NDATW2
        JSR    CRCCAL2
        MOV    #6,IBUF2
        JMP    FINR2
NODR52:  CMP    #6                      ;¿SEPTIMO DATO?
        BNE    NODR62                  ;NO
        PULA
        CMP    #0
        BNE    NINITR2
        JMP    INITR2
NINITR2: STA    NDAT2
        JSR    CRCCAL2
        MOV    #7,IBUF2
        JMP    FINR2
NODR62:  CMP    #7                      ;¿OCTAVO DATO?
        BNE    NODR72                  ;NO
        PULA
        STA    DAT1R2                    ;SI, GUARDAR PRIMER DATO RECIBIDO
        JSR    CRCCAL2
        MOV    #8,IBUF2
        JMP    FINR2
NODR72:  CMP    #8                      ;¿NOVENO DATO?
        BNE    NODR82                  ;NO
        PULA
        STA    DAT2R2                    ;SI, GUARDAR SEGUNDO DATO RECIBIDO

```

#### IV. CÓDIGO FUENTE

```

        JSR    CRCCAL2
        MOV    #C, IBUF2
        BRA    FINR2
NODR82:  CMP    #C
        BNE    NODRC2
        PULA
        CMP    CRC2+1          ;¿CRC CORRECTO?
        BEQ    NECRC12        ;SI
        BSET   6, FLAGS1      ;NO, ERROR CRC
NECRC12: MOV    #D, IBUF2
        BRA    FINR2
NODRC2:  PULA
        CMP    CRC2
        BEQ    NECRC22
        BSET   6, FLAGS1
NECRC22: BSET   7, FLAGS1      ;FIN RECEPCION DATOS
FINR2:   PULA
        RTI

VERS:    DC.B  0,1          ;VERSION (EN HEXADECIMAL)
;EJEMPLO: VERSION 8.05 - 805 (EN HEXADECIMAL)

;TABLA DATOS INICIALES DE VARIABLES

DEFVAL:  DC.B  0,0,0,$64,1,$F4,1,$90,1,$2C,1,$90
        DC.B  0,$32,0,$32,0,0,0,$32,0,0,0,$32
        DC.B  0,$3C,0,$3C,0,$3C,0,$1E,0,$C8,0,$14
        DC.B  0,$14,0,$64,0,$A,2,$58,0,$A,0,$DC,0,$78

;TABLA NECESARIA PARA CALCULO DEL DÍA DE LA SEMANA

TBLR:    DC.B  0,3,3,6,1,4,6,2,5,0,3,5
TBLB:    DC.B  0,3,4,0,2,5,0,3,6,1,4,6

;TABLA PARA CORRESPONDENCIA DE TEMPERATURAS CON RESISTENCIA DE LA NTC

        ORG    $EE00

TABLAT:  DC.W  $06C5,$0639,$05C6,$0567,$0516,$04C6,$0476,$0443
        DC.W  $040D,$03E8,$03C2,$039E,$037F,$0362,$034A,$0332
        DC.W  $031B,$0305,$02F1,$02E1,$02D1,$02C1,$02B1,$02A3
        DC.W  $0292,$0286,$027A,$026D,$0260,$0253,$0247,$023C
        DC.W  $0232,$0227,$021D,$0213,$020A,$0200,$01F6,$01EC
        DC.W  $01E3,$01DB,$01D3,$01CB,$01C3,$01BB,$01B3,$01AB
        DC.W  $01A4,$019C,$0195,$018D,$0185,$017E,$0177,$0170
        DC.W  $0169,$0162,$015C,$0155,$014F,$0149,$0142,$013C
        DC.W  $0134,$012E,$0128,$0122,$011C,$0115,$010F,$0108
        DC.W  $0103,$00FE,$00F8,$00F3,$00EE,$00E7,$00E2,$00DC
        DC.W  $00D6,$00D1,$00CB,$00C6,$00C1,$00BB,$00B6,$00B1
        DC.W  $00AA,$00A5,$00A0,$009A,$0094,$008E,$0087,$0081
        DC.W  $007B,$0075,$006F,$006A,$0064,$005E,$0059,$0054
        DC.W  $004D,$0048,$0043,$003C,$0035,$002E,$0028,$0021
        DC.W  $001B,$0014,$000D,$0006,$FFFF,$FFF9,$FFF2,$FFEB
        DC.W  $FFE4,$FFDD,$FFD6,$FFCF,$FFC8,$FFC1,$FFBA,$FFB1
        DC.W  $FFAA

```

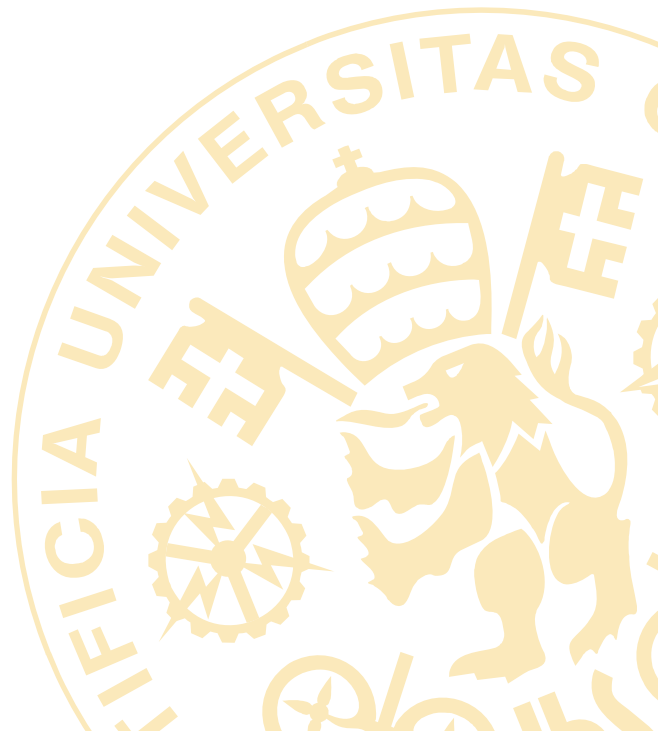
END



## PARTE V

---

# HOJAS DE CARACTERÍSTICAS





**TCMT11**

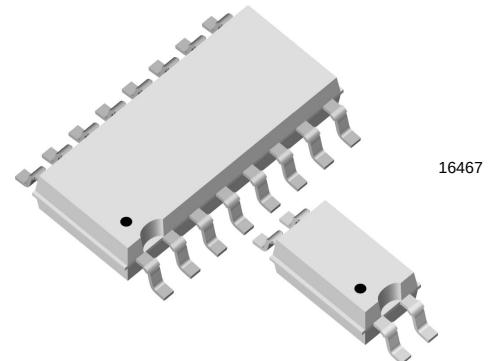


## Optocoupler with Phototransistor Output

### Description

The TCMT11.. Series consist of a phototransistor optically coupled to a gallium arsenide infrared-emitting diode in an 4- lead up to 16- lead plastic Miniflat package.

The elements are mounted on one leadframe using a **coplanar technique**, providing a fixed distance between input and output for highest safety requirements.

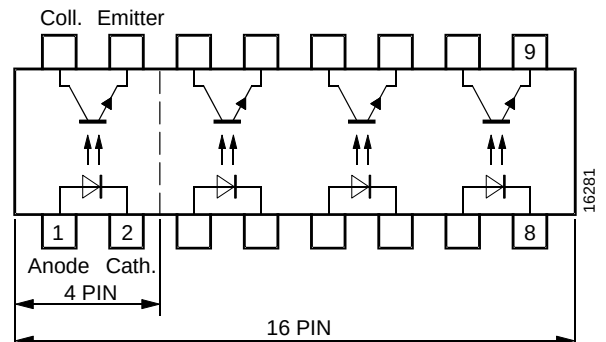


### Applications

Programmable logic controllers, modems, answering machines, general applications

### Features

- Low profile package (half pitch)
- AC Isolation test voltage  $V_{IO} = 3.75 \text{ kV}_{RMS}$
- Low coupling capacitance of typical 0.3 pF
- **Current Transfer Ratio (CTR)** selected into groups
- Low temperature coefficient of CTR
- Wide ambient temperature range
- Underwriters Laboratory (UL) 1577 recognized, file number E-76222
- CSA (C-UL) 1577 recognized file number E- 76222 - Double Protection
- Coupling System M



### Order Instruction

| Ordering Code | CTR Ranking | Remarks                |
|---------------|-------------|------------------------|
| TCMT1100      | 50 to 600%  | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1101      | 40 to 80%   | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1102      | 63 to 125%  | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1103      | 100 to 200% | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1104      | 160 to 320% | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1105      | 50 to 150%  | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1106      | 100 to 300% | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1107      | 80 to 160%  | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1108      | 130 to 260% | 4 Pin = Single channel |
| TCMT1109      | 200 to 400% | 4 Pin = Single channel |
| TCMT4100      | 50 to 600%  | 16 Pin = Quad channel  |



### Absolute Maximum Ratings

#### Input (Emitter)

| Parameter             | Test Conditions           | Symbol    | Value | Unit       |
|-----------------------|---------------------------|-----------|-------|------------|
| Reverse voltage       |                           | $V_R$     | 6     | V          |
| Forward current       |                           | $I_F$     | 60    | mA         |
| Forward surge current | $t_p \leq 10 \mu s$       | $I_{FSM}$ | 1.5   | A          |
| Power dissipation     | $T_{amb} \leq 25^\circ C$ | $P_V$     | 100   | mW         |
| Junction temperature  |                           | $T_j$     | 125   | $^\circ C$ |

#### Output (Detector)

| Parameter                 | Test Conditions               | Symbol    | Value | Unit       |
|---------------------------|-------------------------------|-----------|-------|------------|
| Collector emitter voltage |                               | $V_{CEO}$ | 70    | V          |
| Emitter collector voltage |                               | $V_{ECO}$ | 7     | V          |
| Collector current         |                               | $I_C$     | 50    | mA         |
| Peak collector current    | $t_p/T = 0.5, t_p \leq 10 ms$ | $I_{CM}$  | 100   | mA         |
| Power dissipation         | $T_{amb} \leq 25^\circ C$     | $P_V$     | 150   | mW         |
| Junction temperature      |                               | $T_j$     | 125   | $^\circ C$ |

#### Coupler

| Parameter                           | Test Conditions           | Symbol        | Value       | Unit       |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------|-------------|------------|
| AC isolation test voltage (RMS)     |                           | $V_{IO}^{1)}$ | 3.75        | kV         |
| Total power dissipation             | $T_{amb} \leq 25^\circ C$ | $P_{tot}$     | 250         | mW         |
| Operating ambient temperature range |                           | $T_{amb}$     | -40 to +100 | $^\circ C$ |
| Storage temperature range           |                           | $T_{stg}$     | -40 to +100 | $^\circ C$ |
| Soldering temperature               |                           | $T_{sd}$      | 235         | $^\circ C$ |

<sup>1)</sup> Related to standard climate 23/50 DIN 50014

**Electrical Characteristics** ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ )**Input (Emitter)**

| Parameter            | Test Conditions                         | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------------|-----------------------------------------|--------|------|------|------|------|
| Forward voltage      | $I_F = 50\text{ mA}$                    | $V_F$  |      | 1.25 | 1.6  | V    |
| Junction capacitance | $V_R = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ | $C_j$  |      | 50   |      | pF   |

**Output (Detector)**

| Parameter                 | Test Conditions                              | Symbol    | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------------------------|----------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|
| Collector emitter voltage | $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$               | $V_{CEO}$ | 70   |      |      | V    |
| Emitter collector voltage | $I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$               | $V_{ECO}$ | 7    |      |      | V    |
| Collector dark current    | $V_{CE} = 20\text{ V}$ , $I_F = 0$ , $E = 0$ | $I_{CEO}$ |      |      | 100  | nA   |

**Coupler**

| Parameter                            | Test Conditions                                                             | Symbol      | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|------|------|
| Collector emitter saturation voltage | $I_F = 10\text{ mA}$ , $I_C = 1\text{ mA}$                                  | $V_{CEsat}$ |      |      | 0.3  | V    |
| Cut-off frequency                    | $I_F = 10\text{ mA}$ , $V_{CE} = 5\text{ V}$ ,<br>$R_L = 100\text{ }\Omega$ | $f_c$       |      | 100  |      | kHz  |
| Coupling capacitance                 | $f = 1\text{ MHz}$                                                          | $C_k$       |      | 0.3  |      | pF   |

**Current Transfer Ratio (CTR)**

| Parameter | Test Conditions                              | Type     | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|----------------------------------------------|----------|--------|------|------|------|------|
| $I_C/I_F$ | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT1100 | CTR    | 0.5  |      | 6.0  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ | TCMT1101 | CTR    | 0.4  |      | 0.8  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ | TCMT1102 | CTR    | 0.63 |      | 1.25 |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ | TCMT1103 | CTR    | 1.0  |      | 2.0  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ | TCMT1104 | CTR    | 1.6  |      | 3.2  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT1105 | CTR    | 0.5  |      | 1.5  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT1106 | CTR    | 1.0  |      | 3.0  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT1107 | CTR    | 0.8  |      | 1.6  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT1108 | CTR    | 1.3  |      | 2.6  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT1109 | CTR    | 2.0  |      | 4.0  |      |
|           | $V_{CE} = 5\text{ V}$ , $I_F = 5\text{ mA}$  | TCMT4100 | CTR    | 0.5  |      | 6.0  |      |



Switching Characteristics

| Parameter     | Test Conditions                                                                     | Symbol    | Typ. | Unit          |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|---------------|
| Delay time    | $V_S = 5\text{ V}$ , $I_C = 2\text{ mA}$ , $R_L = 100\ \Omega$ (see figure 1)       | $t_d$     | 3.0  | $\mu\text{s}$ |
| Rise time     |                                                                                     | $t_r$     | 3.0  | $\mu\text{s}$ |
| Fall time     |                                                                                     | $t_f$     | 4.7  | $\mu\text{s}$ |
| Storage time  |                                                                                     | $t_s$     | 0.3  | $\mu\text{s}$ |
| Turn-on time  |                                                                                     | $t_{on}$  | 6.0  | $\mu\text{s}$ |
| Turn-off time | $V_S = 5\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ , $R_L = 1\text{ k}\Omega$ (see figure 2) | $t_{off}$ | 5.0  | $\mu\text{s}$ |
| Turn-on time  |                                                                                     | $t_{on}$  | 9.0  | $\mu\text{s}$ |
| Turn-off time |                                                                                     | $t_{off}$ | 18.0 | $\mu\text{s}$ |

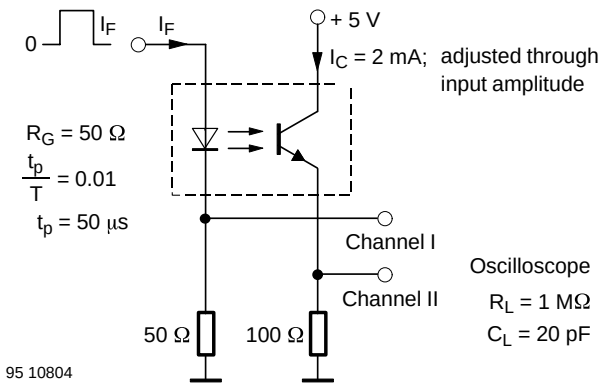


Figure 1. Test circuit, non-saturated operation

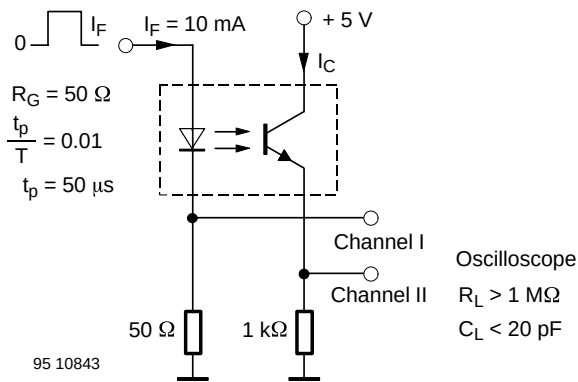


Figure 2. Test circuit, saturated operation

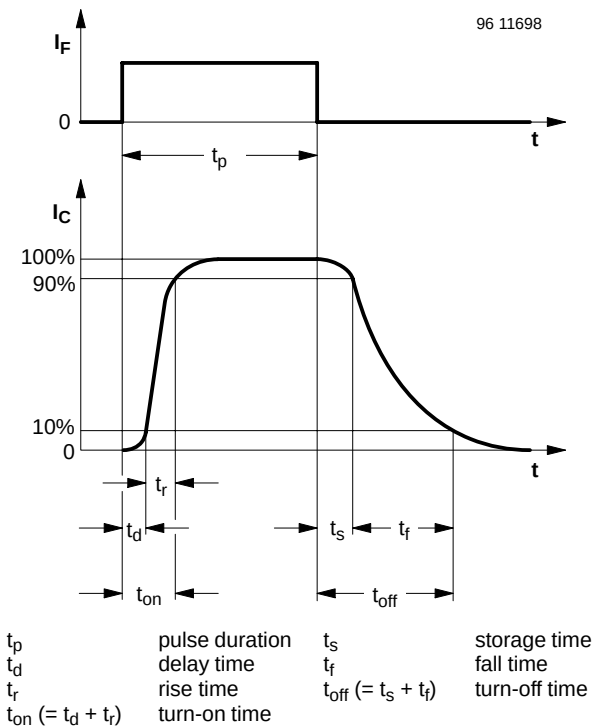


Figure 3. Switching times

## Typical Characteristics ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)

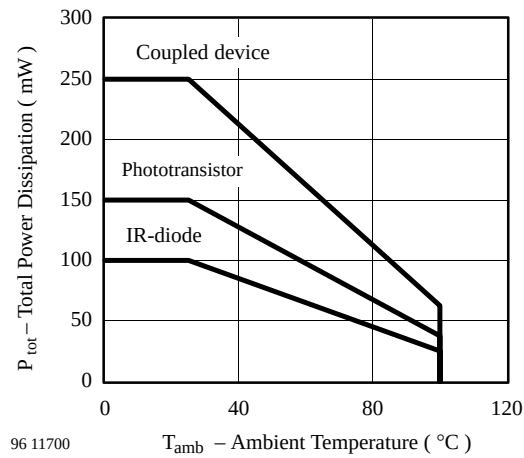


Figure 4. Total Power Dissipation vs. Ambient Temperature

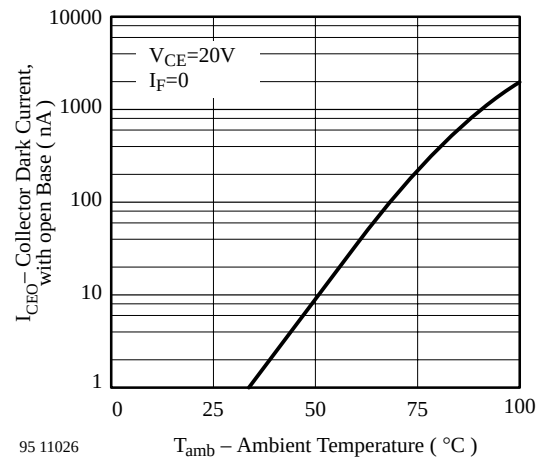


Figure 7. Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

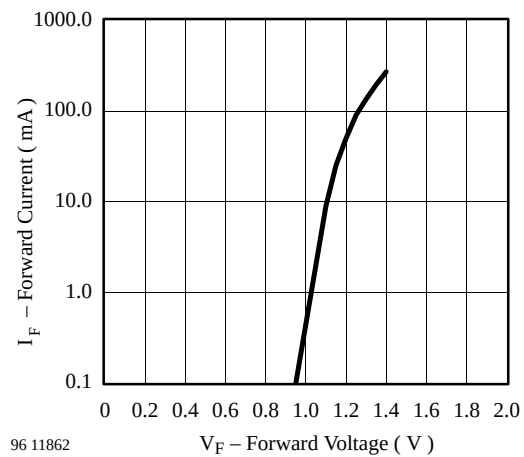


Figure 5. Forward Current vs. Forward Voltage

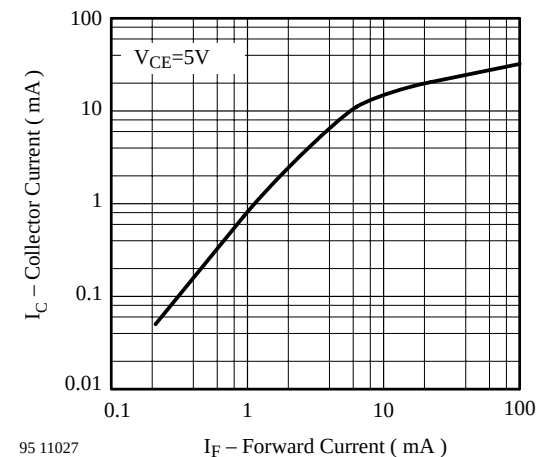


Figure 8. Collector Current vs. Forward Current

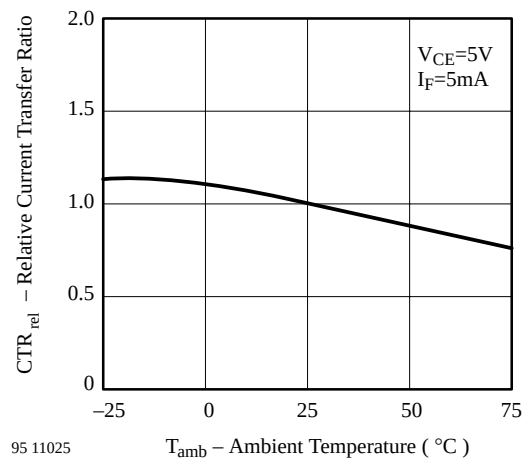


Figure 6. Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

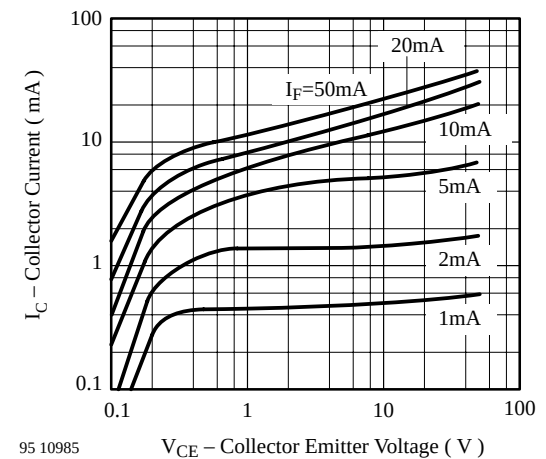


Figure 9. Collector Current vs. Collector Emitter Voltage

**ULN2803**





**MOTOROLA**

Order this document by ULN2803/D

# Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open-collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

| Rating                              | Symbol    | Value       | Unit             |
|-------------------------------------|-----------|-------------|------------------|
| Output Voltage                      | $V_O$     | 50          | V                |
| Input Voltage (Except ULN2801)      | $V_I$     | 30          | V                |
| Collector Current – Continuous      | $I_C$     | 500         | mA               |
| Base Current – Continuous           | $I_B$     | 25          | mA               |
| Operating Ambient Temperature Range | $T_A$     | 0 to +70    | $^\circ\text{C}$ |
| Storage Temperature Range           | $T_{stg}$ | -55 to +150 | $^\circ\text{C}$ |
| Junction Temperature                | $T_J$     | 125         | $^\circ\text{C}$ |

$R_{\theta JA} = 55^\circ\text{C/W}$

Do not exceed maximum current limit per driver.

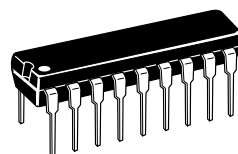
## ORDERING INFORMATION

| Device   | Characteristics      |                                      |                                         |
|----------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
|          | Input Compatibility  | $V_{CE}(\text{Max})/I_C(\text{Max})$ | Operating Temperature Range             |
| ULN2803A | TTL, 5.0 V CMOS      | 50 V/500 mA                          | $T_A = 0 \text{ to } +70^\circ\text{C}$ |
| ULN2804A | 6 to 15 V CMOS, PMOS |                                      |                                         |

## ULN2803 ULN2804

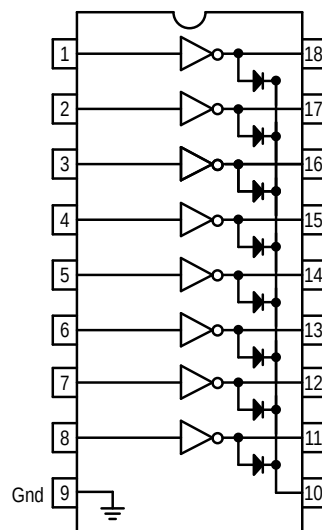
### OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



**A SUFFIX**  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 707

### PIN CONNECTIONS



## ULN2803 ULN2804

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)

| Characteristic                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      | Symbol        | Min                                  | Typ                                  | Max                                                 | Unit          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|
| Output Leakage Current (Figure 1)<br>( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ )<br>( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$ )<br>( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ , $V_I = 6.0\text{ V}$ )<br>( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ , $V_I = 1.0\text{ V}$ )                                                                                                                                                                                     | All Types<br>All Types<br>ULN2802<br>ULN2804                                         | $I_{CEX}$     | –<br>–<br>–<br>–                     | –<br>–<br>–<br>–                     | 100<br>50<br>500<br>500                             | $\mu\text{A}$ |
| Collector–Emitter Saturation Voltage (Figure 2)<br>( $I_C = 350\text{ mA}$ , $I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$ )<br>( $I_C = 200\text{ mA}$ , $I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$ )<br>( $I_C = 100\text{ mA}$ , $I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$ )                                                                                                                                                                                                                                                       | All Types<br>All Types<br>All Types                                                  | $V_{CE(sat)}$ | –<br>–<br>–                          | 1.1<br>0.95<br>0.85                  | 1.6<br>1.3<br>1.1                                   | V             |
| Input Current – On Condition (Figure 4)<br>( $V_I = 17\text{ V}$ )<br>( $V_I = 3.85\text{ V}$ )<br>( $V_I = 5.0\text{ V}$ )<br>( $V_I = 12\text{ V}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ULN2802<br>ULN2803<br>ULN2804<br>ULN2804                                             | $I_{I(on)}$   | –<br>–<br>–<br>–                     | 0.82<br>0.93<br>0.35<br>1.0          | 1.25<br>1.35<br>0.5<br>1.45                         | mA            |
| Input Voltage – On Condition (Figure 5)<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 300\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 200\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 250\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 300\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 125\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 200\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 275\text{ mA}$ )<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 350\text{ mA}$ ) | ULN2802<br>ULN2803<br>ULN2803<br>ULN2803<br>ULN2804<br>ULN2804<br>ULN2804<br>ULN2804 | $V_{I(on)}$   | –<br>–<br>–<br>–<br>–<br>–<br>–<br>– | –<br>–<br>–<br>–<br>–<br>–<br>–<br>– | 13<br>2.4<br>2.7<br>3.0<br>5.0<br>6.0<br>7.0<br>8.0 | V             |
| Input Current – Off Condition (Figure 3)<br>( $I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | All Types                                                                            | $I_{I(off)}$  | 50                                   | 100                                  | –                                                   | $\mu\text{A}$ |
| DC Current Gain (Figure 2)<br>( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 350\text{ mA}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ULN2801                                                                              | $h_{FE}$      | 1000                                 | –                                    | –                                                   | –             |
| Input Capacitance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                      | $C_I$         | –                                    | 15                                   | 25                                                  | pF            |
| Turn–On Delay Time<br>(50% $E_I$ to 50% $E_O$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      | $t_{on}$      | –                                    | 0.25                                 | 1.0                                                 | $\mu\text{s}$ |
| Turn–Off Delay Time<br>(50% $E_I$ to 50% $E_O$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      | $t_{off}$     | –                                    | 0.25                                 | 1.0                                                 | $\mu\text{s}$ |
| Clamp Diode Leakage Current (Figure 6)<br>( $V_R = 50\text{ V}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $T_A = +25^\circ\text{C}$<br>$T_A = +70^\circ\text{C}$                               | $I_R$         | –                                    | –                                    | 50<br>100                                           | $\mu\text{A}$ |
| Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7)<br>( $I_F = 350\text{ mA}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                      | $V_F$         | –                                    | 1.5                                  | 2.0                                                 | V             |

# ULN2803 ULN2804

## TEST FIGURES

(See Figure Numbers in Electrical Characteristics Table)

**Figure 1.**

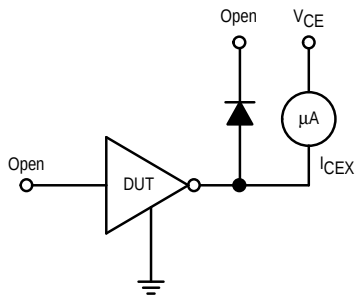


**Figure 2.**

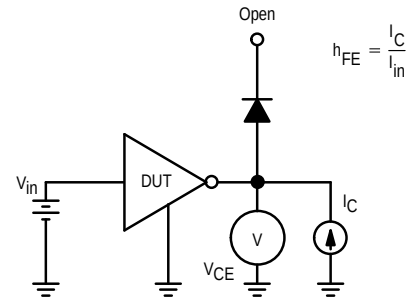


**Figure 3.**

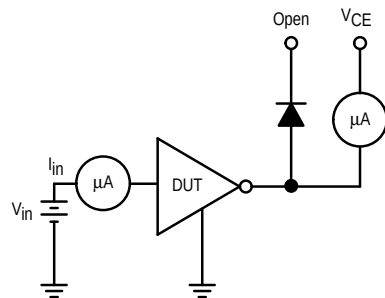


**Figure 4.**

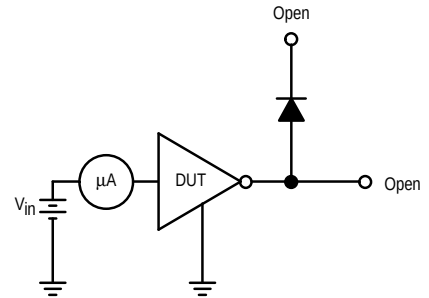


**Figure 5.**

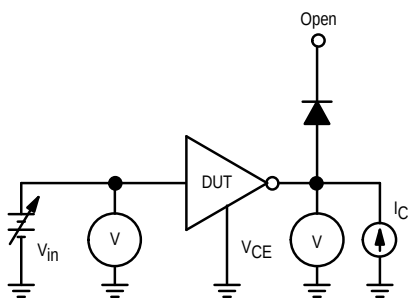


**Figure 6.**

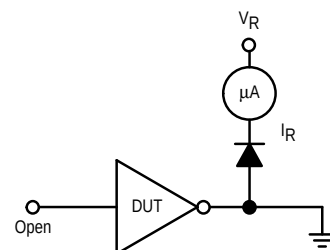
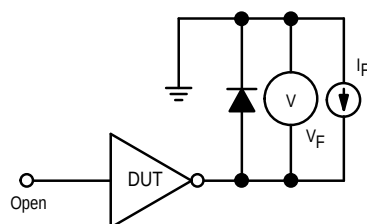


**Figure 7.**



## ULN2803 ULN2804

TYPICAL CHARACTERISTIC CURVES –  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted  
Output Characteristics

Figure 8. Output Current versus Saturation Voltage

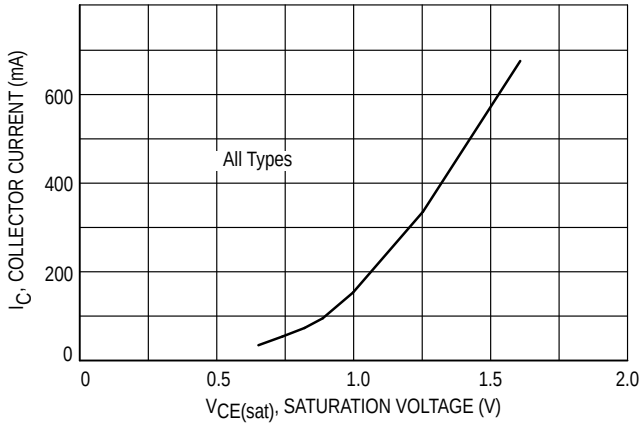
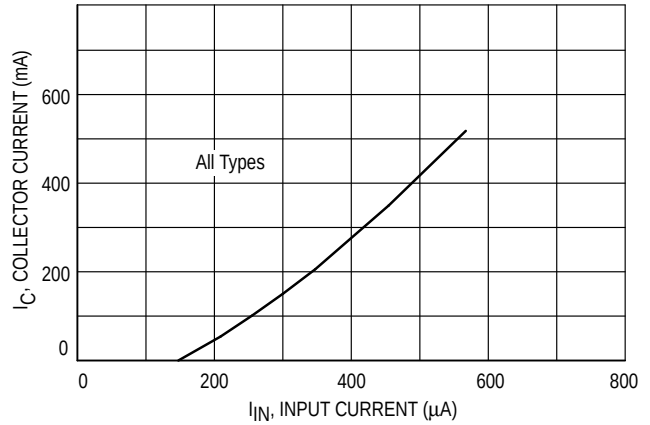


Figure 9. Output Current versus Input Current



### Input Characteristics

Figure 10. ULN2803 Input Current versus Input Voltage

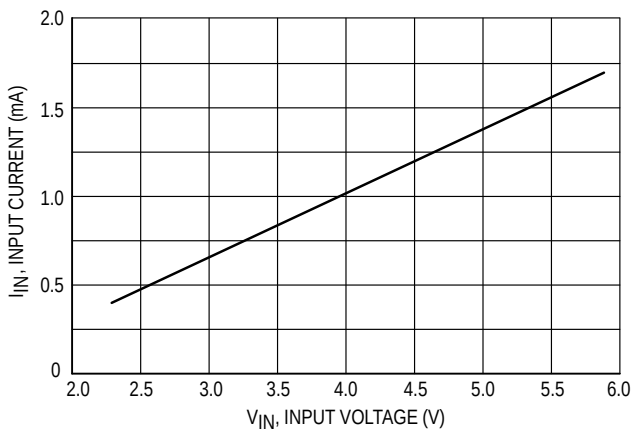


Figure 11. ULN2804 Input Current versus Input Voltage

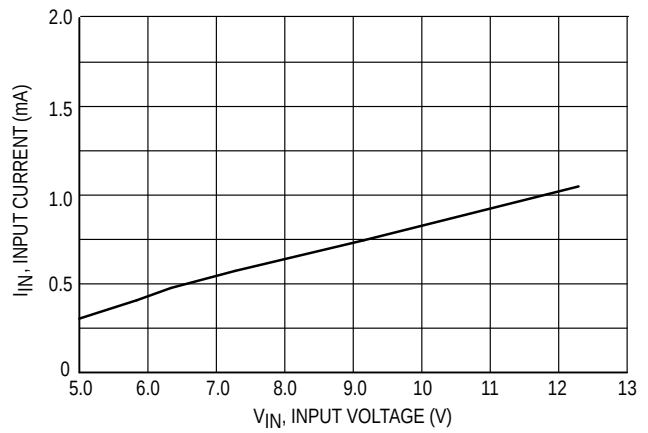
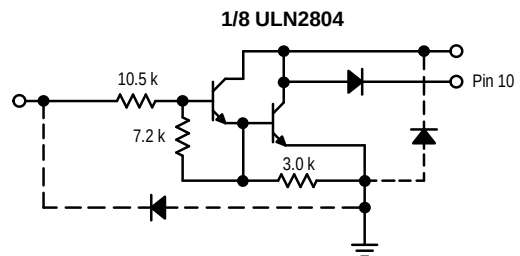
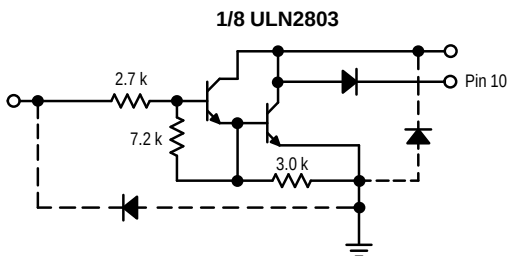


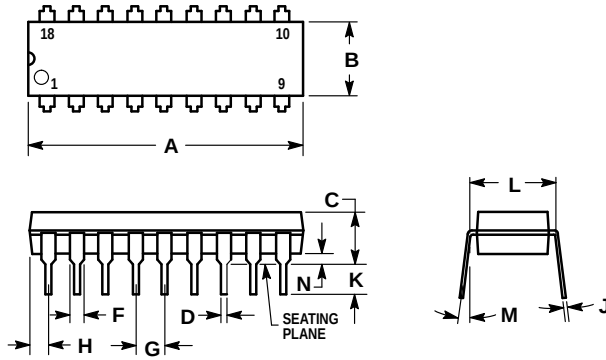
Figure 12. Representative Schematic Diagrams



# ULN2803 ULN2804

## OUTLINE DIMENSIONS

A SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 707-02  
ISSUE C



- NOTES:
1. POSITIONAL TOLERANCE OF LEADS (D), SHALL BE WITHIN 0.25 (0.010) AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION, IN RELATION TO SEATING PLANE AND EACH OTHER.
  2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
  3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

| DIM | MILLIMETERS |       | INCHES    |       |
|-----|-------------|-------|-----------|-------|
|     | MIN         | MAX   | MIN       | MAX   |
| A   | 22.22       | 23.24 | 0.875     | 0.915 |
| B   | 6.10        | 6.60  | 0.240     | 0.260 |
| C   | 3.56        | 4.57  | 0.140     | 0.180 |
| D   | 0.36        | 0.56  | 0.014     | 0.022 |
| F   | 1.27        | 1.78  | 0.050     | 0.070 |
| G   | 2.54 BSC    |       | 0.100 BSC |       |
| H   | 1.02        | 1.52  | 0.040     | 0.060 |
| J   | 0.20        | 0.30  | 0.008     | 0.012 |
| K   | 2.92        | 3.43  | 0.115     | 0.135 |
| L   | 7.62 BSC    |       | 0.300 BSC |       |
| M   | 0 °         | 15 °  | 0 °       | 15 °  |
| N   | 0.51        | 1.02  | 0.020     | 0.040 |

**MAX500**





# CMOS, Quad, Serial-Interface 8-Bit DAC

MAX500

## General Description

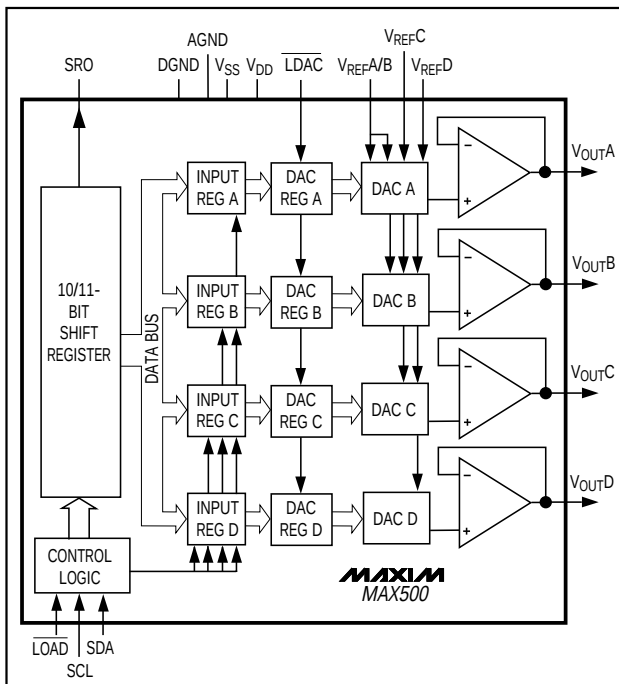
The MAX500 is a quad, 8-bit, voltage-output digital-to-analog converter (DAC) with a cascadable serial interface. The IC includes four output buffer amplifiers and input logic for an easy-to-use, two- or three-wire serial interface. In a system with several MAX500s, only one serial data line is required to load all the DACs by cascading them. The MAX500 contains double-buffered logic and a 10-bit shift register that allows all four DACs to be updated simultaneously using one control signal. There are three reference inputs so the range of two of the DACs can be independently set while the other two DACs track each other.

The MAX500 achieves 8-bit performance over the full operating temperature range without external trimming.

## Applications

Minimum Component Count Analog Systems  
Digital Offset/Gain Adjustment  
Industrial Process Control  
Arbitrary Function Generators  
Automatic Test Equipment

## Functional Diagram



## Features

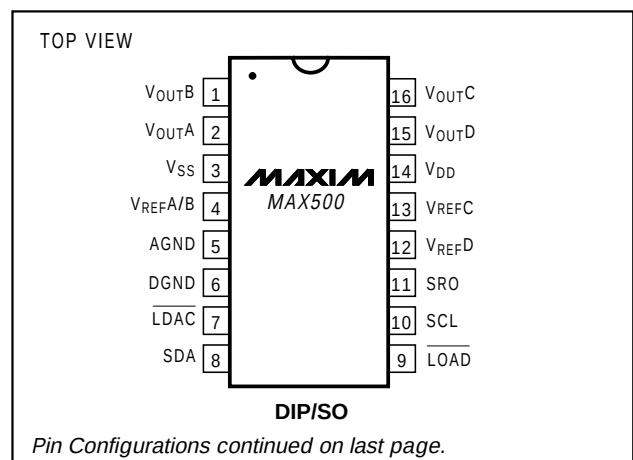
- ♦ Buffered Voltage Outputs
- ♦ Double-Buffered Digital Inputs
- ♦ Microprocessor and TTL/CMOS Compatible
- ♦ Requires No External Adjustments
- ♦ Two- or Three-Wire Cascadable Serial Interface
- ♦ 16-Pin DIP/SO Package and 20-Pin LCC
- ♦ Operates from Single or Dual Supplies

## Ordering Information

| PART        | TEMP. RANGE     | PIN-PACKAGE    | ERROR (LSB) |
|-------------|-----------------|----------------|-------------|
| MAX500ACPE  | 0°C to +70°C    | 16 Plastic DIP | ±1          |
| MAX500BCPE  | 0°C to +70°C    | 16 Plastic DIP | ±2          |
| MAX500ACWE  | 0°C to +70°C    | 16 Wide SO     | ±1          |
| MAX500BCWE  | 0°C to +70°C    | 16 Wide SO     | ±2          |
| MAX500BC/D  | 0°C to +70°C    | Dice*          | ±2          |
| MAX500AEPE  | -40°C to +85°C  | 16 Plastic DIP | ±1          |
| MAX500BEPE  | -40°C to +85°C  | 16 Plastic DIP | ±2          |
| MAX500AEWE  | -40°C to +85°C  | 16 Wide SO     | ±1          |
| MAX500BEWE  | -40°C to +85°C  | 16 Wide SO     | ±2          |
| MAX500AEJE  | -40°C to +85°C  | 16 CERDIP      | ±1          |
| MAX500BEJE  | -40°C to +85°C  | 16 CERDIP      | ±2          |
| MAX500AMJE  | -55°C to +125°C | 16 CERDIP      | ±1          |
| MAX500BMJE  | -55°C to +125°C | 16 CERDIP      | ±2          |
| MAX500AMLPL | -55°C to +125°C | 20 LCC         | ±1          |
| MAX500BMLPL | -55°C to +125°C | 20 LCC         | ±2          |

\*Contact factory for dice specifications.

## Pin Configurations



Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

# CMOS, Quad, Serial-Interface 8-Bit DAC

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

### Power Requirements

|                                             |                                 |
|---------------------------------------------|---------------------------------|
| V <sub>DD</sub> to AGND                     | -0.3V, +17V                     |
| V <sub>DD</sub> to DGND                     | -0.3V, +17V                     |
| V <sub>SS</sub> to DGND                     | -7V, (V <sub>DD</sub> + 0.3V)   |
| V <sub>DD</sub> to V <sub>SS</sub>          | -0.3V, +24V                     |
| Digital Input Voltage to DGND               | -0.3V, (V <sub>DD</sub> + 0.3V) |
| V <sub>REF</sub> to AGND                    | -0.3V, (V <sub>DD</sub> + 0.3V) |
| V <sub>OUT</sub> to AGND (Note 1)           | -0.3V, (V <sub>DD</sub> + 0.3V) |
| Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)  |                                 |
| Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) | 842mW                           |

|                                        |                 |
|----------------------------------------|-----------------|
| Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) | 762mW           |
| CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) | 800mW           |
| LCC (derate 9.09mW/°C above +70°C)     | 727mW           |
| Operating Temperature Ranges           |                 |
| MAX500_C_                              | 0°C to +70°C    |
| MAX500_E_                              | -40°C to +85°C  |
| MAX500_M_                              | -55°C to +125°C |
| Storage Temperature Range              | -65°C to +150°C |
| Lead Temperature (soldering, 10sec)    | +300°C          |

**Note 1:** The outputs may be shorted to AGND, provided that the power dissipation of the package is not exceeded.

Typical short-circuit current to AGND is 25mA

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Dual Supplies

(V<sub>DD</sub> = +11.4V to +16.5V, V<sub>SS</sub> = -5V ±10%, AGND = DGND = 0V, V<sub>REF</sub> = +2V to (V<sub>DD</sub> - 4V), T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

| PARAMETER                     | SYMBOL          | CONDITIONS                                            | MIN                                             | TYP | MAX                 | UNITS  |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|---------------------|--------|
| <b>STATIC PERFORMANCE</b>     |                 |                                                       |                                                 |     |                     |        |
| Resolution                    |                 |                                                       | 8                                               |     |                     | Bits   |
| Total Unadjusted Error        |                 | V <sub>DD</sub> = 15V ±5%,<br>V <sub>REF</sub> = 10V  |                                                 |     | ±1                  | LSB    |
|                               |                 |                                                       |                                                 |     | ±2                  |        |
| Relative Accuracy             |                 | MAX500A                                               |                                                 |     | ±1/2                | LSB    |
|                               |                 | MAX500B                                               |                                                 |     | ±1                  |        |
| Differential Nonlinearity     |                 | Guaranteed monotonic                                  |                                                 |     | ±1                  | LSB    |
| Full-Scale Error              |                 | MAX500A                                               |                                                 |     | ±1/2                | LSB    |
|                               |                 | MAX500B                                               |                                                 |     | ±1                  |        |
| Full-Scale Tempco             |                 | V <sub>REF</sub> = 10V                                |                                                 | ±5  |                     | ppm/°C |
| Zero-Code Error               |                 | T <sub>A</sub> = +25°C                                |                                                 |     | ±15                 | mV     |
|                               |                 |                                                       |                                                 |     | ±20                 |        |
|                               |                 | T <sub>A</sub> = T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> |                                                 |     | ±20                 |        |
|                               |                 |                                                       |                                                 |     | ±30                 |        |
| Zero-Code Tempco              |                 |                                                       |                                                 | ±30 |                     | μV/°C  |
| <b>REFERENCE INPUT</b>        |                 |                                                       |                                                 |     |                     |        |
| Reference Input Range         |                 |                                                       | 2                                               |     | V <sub>DD</sub> - 4 | V      |
| Reference Input Resistance    |                 | V <sub>REFC</sub> , V <sub>REFD</sub>                 | 11                                              |     |                     | kΩ     |
|                               |                 | V <sub>REFA/B</sub>                                   | 5.5                                             |     |                     |        |
| Reference Input Capacitance   |                 | T <sub>A</sub> = +25°C, code dependent (Note 2)       |                                                 |     | 100                 | pF     |
| Channel-to-Channel Isolation  |                 | T <sub>A</sub> = +25°C (Notes 2, 3)                   | -60                                             |     |                     | dB     |
| AC Feedthrough                |                 | T <sub>A</sub> = +25°C (Notes 2, 3)                   | -70                                             |     |                     | dB     |
| <b>DIGITAL INPUTS</b>         |                 |                                                       |                                                 |     |                     |        |
| Digital Input High Voltage    | V <sub>IH</sub> |                                                       | 2.4                                             |     | 5.5                 | V      |
| Digital Input Low Voltage     | V <sub>IL</sub> |                                                       |                                                 |     | 0.8                 | V      |
| Digital Output High Voltage   | V <sub>OH</sub> | I <sub>OUT</sub> = -1mA, SRO only                     | V <sub>DD</sub> - 1                             |     |                     | V      |
| Digital Output Low Voltage    | V <sub>OL</sub> | I <sub>OUT</sub> = 1mA, SRO only                      | 0.4                                             |     |                     | V      |
| Digital Input Leakage Current |                 | (Note 4)                                              | Excluding $\overline{\text{LOAD}}$<br>LOAD = 0V |     | ±1                  | μA     |
|                               |                 |                                                       |                                                 |     | 30                  |        |
| Digital Input Capacitance     |                 | T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)                       |                                                 |     | 8                   | pF     |

# CMOS, Quad, Serial-Interface 8-Bit DAC

MAX500

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Dual Supplies (continued)

( $V_{DD} = +11.4V$  to  $+16.5V$ ,  $V_{SS} = -5V \pm 10\%$ ,  $AGND = DGND = 0V$ ,  $V_{REF} = +2V$  to  $(V_{DD} - 4V)$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

| PARAMETER                                      | SYMBOL          | CONDITIONS                                                                                           |                                           | MIN  | TYP | MAX  | UNITS |
|------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|-----|------|-------|
| DYNAMIC PERFORMANCE                            |                 |                                                                                                      |                                           |      |     |      |       |
| Voltage Output Slew Rate                       |                 | TA = +25°C (Note 2)                                                                                  |                                           | 3    | 8   |      | V/μs  |
| VO <sub>UT</sub> Settling Time                 |                 | To ±1/2LSB, V <sub>REF</sub> = 10V, V <sub>DD</sub> = +15V, 2kΩ in parallel with 100pF load (Note 2) |                                           |      | 2.5 | 4.5  | μs    |
| Digital Feedthrough                            |                 | (Note 5)                                                                                             |                                           |      | 50  |      | nV-s  |
| Digital Crosstalk                              |                 | (Note 5)                                                                                             |                                           |      | 50  |      | nV-s  |
| Output Load Resistance                         |                 | V <sub>OUT</sub> = 10V                                                                               |                                           | 2    |     |      | kΩ    |
| POWER SUPPLIES                                 |                 |                                                                                                      |                                           |      |     |      |       |
| Positive Supply Voltage                        | V <sub>DD</sub> | For specified performance                                                                            |                                           | 11.4 |     | 16.5 | V     |
| Positive Supply Current                        | I <sub>DD</sub> | Outputs unloaded                                                                                     | TA = +25°C                                |      |     | 10   | mA    |
|                                                |                 |                                                                                                      | TA = T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> |      |     | 12   |       |
| Negative Supply Current                        | I <sub>SS</sub> | Outputs unloaded                                                                                     | TA = +25°C                                |      |     | -9   | mA    |
|                                                |                 |                                                                                                      | TA = T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> |      |     | -10  |       |
| SWITCHING CHARACTERISTICS (TA = +25°C, Note 6) |                 |                                                                                                      |                                           |      |     |      |       |
| 3-Wire Mode                                    |                 |                                                                                                      |                                           |      |     |      |       |
| SDA Valid to SCL Setup                         | ts1             |                                                                                                      |                                           | 150  |     |      | ns    |
| SDA Valid to SCL Hold                          | tH              |                                                                                                      |                                           | 0    |     |      | ns    |
| SCL High Time                                  | t1              |                                                                                                      |                                           | 350  |     |      | ns    |
| SCL Low Time                                   | t2              |                                                                                                      |                                           | 350  |     |      | ns    |
| SCL Rise Time                                  |                 | (Note 7)                                                                                             |                                           |      |     | 50   | μs    |
| SCL Fall Time                                  |                 | (Note 7)                                                                                             |                                           |      |     | 50   | μs    |
| $\overline{\text{LOAD}}$ Pulse Width           | tLDW            |                                                                                                      |                                           | 150  |     |      | ns    |
| $\overline{\text{LOAD}}$ Delay from SCL        | tLDS            |                                                                                                      |                                           | 150  |     |      | ns    |
| $\overline{\text{LDAC}}$ Pulse Width           | tLDAC           |                                                                                                      |                                           | 150  |     |      | ns    |
| SRO Output Delay                               | tD1             | CLOAD = 50pF                                                                                         |                                           |      |     | 150  | ns    |
| 2-Wire Mode                                    |                 |                                                                                                      |                                           |      |     |      |       |
| SDA Valid to SCL Hold                          | tH              |                                                                                                      |                                           | 0    |     |      | ns    |
| SCL High Time                                  | t1              |                                                                                                      |                                           | 350  |     |      | ns    |
| SCL Low Time                                   | t2              |                                                                                                      |                                           | 350  |     |      | ns    |
| SCL Rise Time                                  |                 | (Note 7)                                                                                             |                                           |      |     | 50   | μs    |
| SCL Fall Time                                  |                 | (Note 7)                                                                                             |                                           |      |     | 50   | μs    |
| $\overline{\text{LDAC}}$ Pulse Width           | tLDAC           |                                                                                                      |                                           | 150  |     |      | ns    |
| SCL Valid to SDA Setup                         | ts1             | Start condition                                                                                      |                                           | 150  |     |      | ns    |
| SDA Valid to SCL Setup                         | ts2             | Stop condition                                                                                       |                                           | 100  |     |      | ns    |
| SDA Valid to Rising SCL                        | ts3             |                                                                                                      |                                           | 125  |     |      | ns    |
| SRO Output Delay                               | tD1             | CLOAD = 50pF                                                                                         |                                           |      |     | 150  | ns    |

# CMOS, Quad, Serial-Interface 8-Bit DAC

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Single Supply

( $V_{DD} = +15V \pm 5\%$ ,  $V_{SS} = AGND = DGND = 0V$ ,  $V_{REF} = 10V$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

| PARAMETER                                                                       | SYMBOL          | CONDITIONS                                            |                                                       | MIN   | TYP | MAX   | UNITS  |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|-----|-------|--------|
| STATIC PERFORMANCE                                                              |                 |                                                       |                                                       |       |     |       |        |
| Resolution                                                                      |                 |                                                       |                                                       | 8     |     |       | Bits   |
| Total Unadjusted Error                                                          |                 | V <sub>DD</sub> = 15V ±5%,<br>V <sub>REF</sub> = 10V  | MAX500A                                               |       |     | ±1    | LSB    |
|                                                                                 |                 |                                                       | MAX500B                                               |       |     | ±2    |        |
| Relative Accuracy                                                               |                 |                                                       | MAX500A                                               |       |     | ±1/2  | LSB    |
|                                                                                 |                 |                                                       | MAX500B                                               |       |     | ±1    |        |
| Differential Nonlinearity                                                       |                 | Guaranteed monotonic                                  |                                                       |       |     | ±1    | LSB    |
| Full-Scale Error                                                                |                 |                                                       | MAX500A                                               |       |     | ±1/2  | LSB    |
|                                                                                 |                 |                                                       | MAX500B                                               |       |     | ±1    |        |
| Full-Scale Tempco                                                               |                 | V <sub>REF</sub> = 10V                                |                                                       |       |     | ±5    | ppm/°C |
| Zero-Code Error                                                                 |                 | T <sub>A</sub> = +25°C                                | MAX500A                                               |       |     | ±15   | mV     |
|                                                                                 |                 |                                                       | MAX500B                                               |       |     | ±20   |        |
|                                                                                 |                 | T <sub>A</sub> = T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> | MAX500A                                               |       |     | ±20   |        |
|                                                                                 |                 |                                                       | MAX500B                                               |       |     | ±30   |        |
| Zero-Code Tempco                                                                |                 |                                                       |                                                       |       |     | ±30   | μV/°C  |
| REFERENCE INPUT—All specifications are the same as for dual supplies.           |                 |                                                       |                                                       |       |     |       |        |
| DIGITAL INPUTS—All specifications are the same as for dual supplies.            |                 |                                                       |                                                       |       |     |       |        |
| DYNAMIC PERFORMANCE—All specifications are the same as for dual supplies.       |                 |                                                       |                                                       |       |     |       |        |
| POWER SUPPLIES                                                                  |                 |                                                       |                                                       |       |     |       |        |
| Positive Supply Voltage                                                         | V <sub>DD</sub> | For specified performance                             |                                                       | 14.25 |     | 15.75 | V      |
| Positive Supply Current                                                         | I <sub>DD</sub> | Outputs unloaded                                      | T <sub>A</sub> = +25°C                                |       |     | 10    | mA     |
|                                                                                 |                 |                                                       | T <sub>A</sub> = T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> |       |     | 12    |        |
| SWITCHING CHARACTERISTICS—All specifications are the same as for dual supplies. |                 |                                                       |                                                       |       |     |       |        |

**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

**Note 3:**  $T_A = +25^{\circ}C$ ,  $V_{REF} = 10kHz$ , 10V peak-to-peak sine wave.

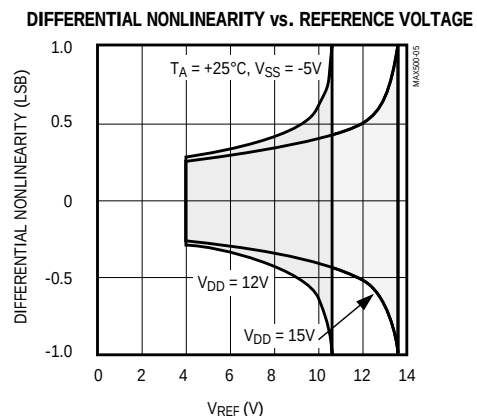
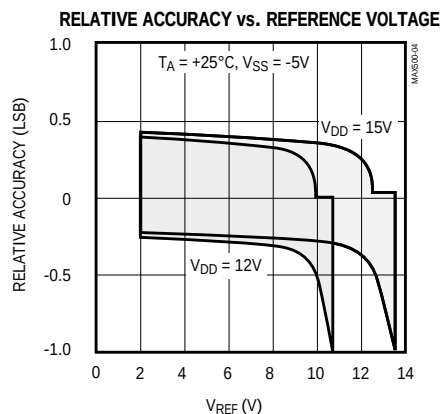
**Note 4:**  $\overline{LOAD}$  has a weak internal pull-up resistor to  $V_{DD}$ .

**Note 5:** DAC switched from all 1s to all 0s, and all 0s to all 1s code.

**Note 6:** Sample tested at  $+25^{\circ}C$  to ensure compliance.

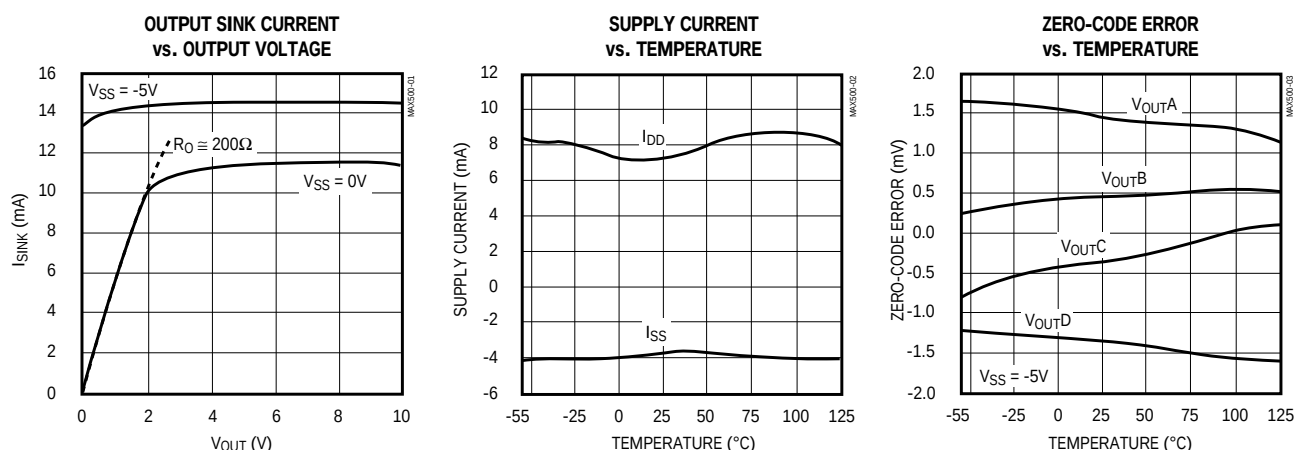
**Note 7:** Slow rise and fall times are allowed on the digital inputs to facilitate the use of opto-couplers. Only timing for SCL is given because the other digital inputs should be stable when SCL transitions.

## Typical Operating Characteristics



# CMOS, Quad, Serial-Interface 8-Bit DAC

## Typical Operating Characteristics (continued)



### Detailed Description

The MAX500 has four matched voltage-output digital-to-analog converters (DACs). The DACs are “inverted” R-2R ladder networks which convert 8 digital bits into equivalent analog output voltages in proportion to the applied reference voltage(s). Two DACs in the MAX500 have a separate reference input while the other two DACs share one reference input. A simplified circuit diagram of one of the four DACs is provided in Figure 1.

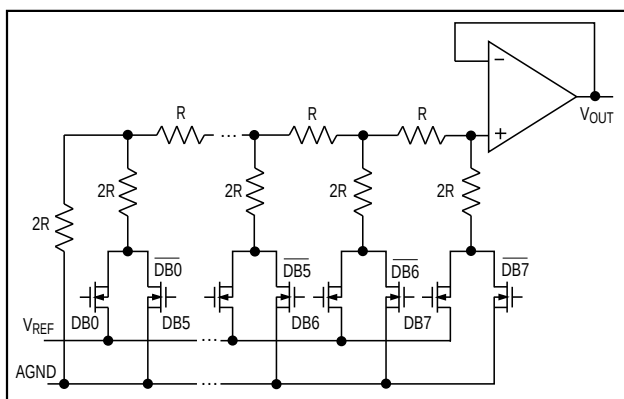


Figure 1. Simplified DAC Circuit Diagram

#### VREF Input

The voltage at the VREF pins (pins 4, 12, and 13) sets the full-scale output of the DAC. The input impedance

of the VREF inputs is code dependent. The lowest value, approximately 11kΩ (5.5kΩ for VREFA/B), occurs when the input code is 01010101. The maximum value of infinity occurs when the input code is 00000000. Because the input resistance at VREF is code dependent, the DAC's reference sources should have an output impedance of no more than 20Ω (no more than 10Ω for VREFA/B). The input capacitance at VREF is also code dependent and typically varies from 15pF to 35pF (30pF to 70pF for VREFA/B). VOUTA, VOUTB, VOUTC, and VOUTD can be represented by a digitally programmable voltage source as:

$$V_{OUT} = N_b \times V_{REF} / 256$$

where  $N_b$  is the numeric value of the DAC's binary input code.

#### Output Buffer Amplifiers

All voltage outputs are internally buffered by precision unity-gain followers, which slew at greater than 3V/μs. When driving 2kΩ in parallel with 100pF with a full-scale transition (0V to +10V or +10V to 0V), the output settles to  $\pm 1/2$ LSB in less than 4μs. The buffers will also drive 2kΩ in parallel with 500pF to 10V levels without oscillation. Typical dynamic response and settling performance of the MAX500 is shown in Figures 2 and 3.

A simplified circuit diagram of an output buffer is shown in Figure 4. Input common-mode range to AGND is provided by a PMOS input structure. The output circuitry incorporates a pull-down circuit to actively drive VOUT to within +15mV of the negative supply (VSS). The buffer circuitry allows each DAC output to

**TLC2272**



- **Output Swing Includes Both Supply Rails**
- **Low Noise . . . 9 nV/√Hz Typ at f = 1 kHz**
- **Low Input Bias Current . . . 1 pA Typ**
- **Fully Specified for Both Single-Supply and Split-Supply Operation**
- **Common-Mode Input Voltage Range Includes Negative Rail**
- **High-Gain Bandwidth . . . 2.2 MHz Typ**
- **High Slew Rate . . . 3.6 V/μs Typ**
- **Low Input Offset Voltage**  
950 μV Max at T<sub>A</sub> = 25°C
- **Macromodel Included**
- **Performance Upgrades for the TS272, TS274, TLC272, and TLC274**
- **Available in Q-Temp Automotive HighRel Automotive Applications Configuration Control / Print Support Qualification to Automotive Standards**

## description

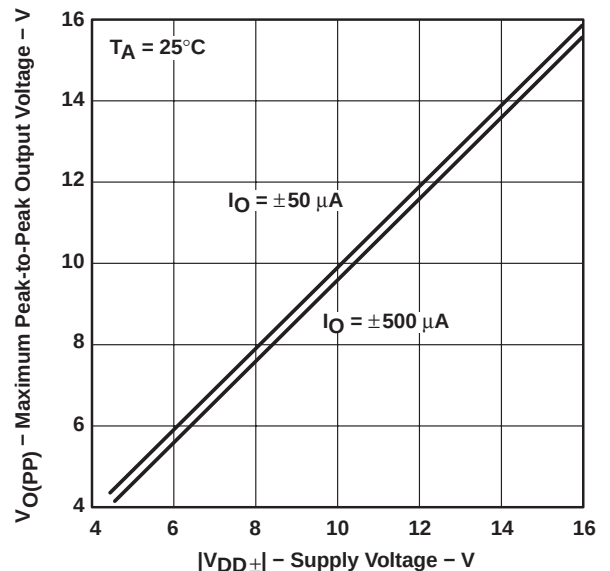
The TLC2272 and TLC2274 are dual and quadruple operational amplifiers from Texas Instruments. Both devices exhibit rail-to-rail output performance for increased dynamic range in single- or split-supply applications. The TLC227x family offers 2 MHz of bandwidth and 3 V/μs of slew rate for higher speed applications. These devices offer comparable ac performance while having better noise, input offset voltage, and power dissipation than existing CMOS operational amplifiers. The TLC227x has a noise voltage of 9 nV/√Hz, two times lower than competitive solutions.

The TLC227x, exhibiting high input impedance and low noise, is excellent for small-signal conditioning for high-impedance sources, such as piezoelectric transducers. Because of the micro-power dissipation levels, these devices work well in hand-held monitoring and remote-sensing applications. In addition, the rail-to-rail output feature, with single- or split-supplies, makes this family a great choice when interfacing with analog-to-digital converters (ADCs). For precision applications, the TLC227xA family is available with a maximum input offset voltage of 950 μV. This family is fully characterized at 5 V and ±5 V.

The TLC2272/4 also makes great upgrades to the TLC272/4 or TS272/4 in standard designs. They offer increased output dynamic range, lower noise voltage, and lower input offset voltage. This enhanced feature set allows them to be used in a wider range of applications. For applications that require higher output drive and wider input voltage range, see the TLV2432 and TLV2442 devices.

If the design requires single amplifiers, see the TLV2211/21/31 family. These devices are single rail-to-rail operational amplifiers in the SOT-23 package. Their small size and low power consumption, make them ideal for high density, battery-powered equipment.

**MAXIMUM PEAK-TO-PEAK OUTPUT VOLTAGE  
VS  
SUPPLY VOLTAGE**



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

Advanced LinCMOS is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated  
 On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**MAX487**





## Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

### General Description

The MAX481, MAX483, MAX485, MAX487–MAX491, and MAX1487 are low-power transceivers for RS-485 and RS-422 communication. Each part contains one driver and one receiver. The MAX483, MAX487, MAX488, and MAX489 feature reduced slew-rate drivers that minimize EMI and reduce reflections caused by improperly terminated cables, thus allowing error-free data transmission up to 250kbps. The driver slew rates of the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 are not limited, allowing them to transmit up to 2.5Mbps.

These transceivers draw between 120 $\mu$ A and 500 $\mu$ A of supply current when unloaded or fully loaded with disabled drivers. Additionally, the MAX481, MAX483, and MAX487 have a low-current shutdown mode in which they consume only 0.1 $\mu$ A. All parts operate from a single 5V supply.

Drivers are short-circuit current limited and are protected against excessive power dissipation by thermal shutdown circuitry that places the driver outputs into a high-impedance state. The receiver input has a fail-safe feature that guarantees a logic-high output if the input is open circuit.

The MAX487 and MAX1487 feature quarter-unit-load receiver input impedance, allowing up to 128 MAX487/MAX1487 transceivers on the bus. Full-duplex communications are obtained using the MAX488–MAX491, while the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, and MAX1487 are designed for half-duplex applications.

### Applications

Low-Power RS-485 Transceivers  
Low-Power RS-422 Transceivers  
Level Translators  
Transceivers for EMI-Sensitive Applications  
Industrial-Control Local Area Networks

### Next Generation Device Features

- ◆ **For Fault-Tolerant Applications**  
MAX3430:  $\pm$ 80V Fault-Protected, Fail-Safe, 1/4 Unit Load, +3.3V, RS-485 Transceiver  
MAX3440E–MAX3444E:  $\pm$ 15kV ESD-Protected,  $\pm$ 60V Fault-Protected, 10Mbps, Fail-Safe, RS-485/J1708 Transceivers
- ◆ **For Space-Constrained Applications**  
MAX3460–MAX3464: +5V, Fail-Safe, 20Mbps, Profibus RS-485/RS-422 Transceivers  
MAX3362: +3.3V, High-Speed, RS-485/RS-422 Transceiver in a SOT23 Package  
MAX3280E–MAX3284E:  $\pm$ 15kV ESD-Protected, 52Mbps, +3V to +5.5V, SOT23, RS-485/RS-422, True Fail-Safe Receivers  
MAX3293/MAX3294/MAX3295: 20Mbps, +3.3V, SOT23, RS-855/RS-422 Transmitters
- ◆ **For Multiple Transceiver Applications**  
MAX3030E–MAX3033E:  $\pm$ 15kV ESD-Protected, +3.3V, Quad RS-422 Transmitters
- ◆ **For Fail-Safe Applications**  
MAX3080–MAX3089: Fail-Safe, High-Speed (10Mbps), Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers
- ◆ **For Low-Voltage Applications**  
MAX3483E/MAX3485E/MAX3486E/MAX3488E/MAX3490E/MAX3491E: +3.3V Powered,  $\pm$ 15kV ESD-Protected, 12Mbps, Slew-Rate-Limited, True RS-485/RS-422 Transceivers

Ordering Information appears at end of data sheet.

### Selection Table

| PART NUMBER | HALF/FULL DUPLEX | DATA RATE (Mbps) | SLEW-RATE LIMITED | LOW-POWER SHUTDOWN | RECEIVER/ DRIVER ENABLE | QUIESCENT CURRENT ( $\mu$ A) | NUMBER OF TRANSMITTERS ON BUS | PIN COUNT |
|-------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------|
| MAX481      | Half             | 2.5              | No                | Yes                | Yes                     | 300                          | 32                            | 8         |
| MAX483      | Half             | 0.25             | Yes               | Yes                | Yes                     | 120                          | 32                            | 8         |
| MAX485      | Half             | 2.5              | No                | No                 | Yes                     | 300                          | 32                            | 8         |
| MAX487      | Half             | 0.25             | Yes               | Yes                | Yes                     | 120                          | 128                           | 8         |
| MAX488      | Full             | 0.25             | Yes               | No                 | No                      | 120                          | 32                            | 8         |
| MAX489      | Full             | 0.25             | Yes               | No                 | Yes                     | 120                          | 32                            | 14        |
| MAX490      | Full             | 2.5              | No                | No                 | No                      | 300                          | 32                            | 8         |
| MAX491      | Full             | 2.5              | No                | No                 | Yes                     | 300                          | 32                            | 14        |
| MAX1487     | Half             | 2.5              | No                | No                 | Yes                     | 230                          | 128                           | 8         |



Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com).

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487–MAX491/MAX1487

**RTC**





# MK41T56 MKI41T56

## 512 bit (64b x8) Serial Access TIMEKEEPER® SRAM

NOT FOR NEW DESIGN

- COUNTERS for SECONDS, MINUTES, HOURS, DAY, DATE, MONTH and YEARS
- SOFTWARE CLOCK CALIBRATION
- AUTOMATIC POWER-FAIL DETECT and SWITCH CIRCUITRY
- I<sup>2</sup>C BUS COMPATIBLE
- 56 BYTES of GENERAL PURPOSE RAM
- ULTRA-LOW BATTERY SUPPLY CURRENT of 500nA
- OPERATING TEMPERATURE:
  - MK41T56: 0 to 70°C
  - MKI41T56: –40 to 85°C
- AUTOMATIC LEAP YEAR COMPENSATION

### DESCRIPTION

The MK41T56 TIMEKEEPER® is a low power 512 bit static CMOS RAM organized as 64 words by 8 bits. A built-in 32.768kHz oscillator (external crystal controlled) and the first 8 bytes of the RAM are used for the clock/calendar function and are configured in binary coded decimal (BCD) format. Addresses and data are transferred serially via a two-line bi-directional bus. The built-in address register is incremented automatically after each write or read data byte. The MK41T56 clock has a built-in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply during power failures. The energy needed to sustain the RAM and clock operations can be supplied from a small lithium button cell.

Data retention time is in excess of 10 years with a 50mAh 3V lithium cell. The MK41T56 is supplied in 8 pin Plastic Dual-in-Line and 8 lead Plastic SOIC packages.

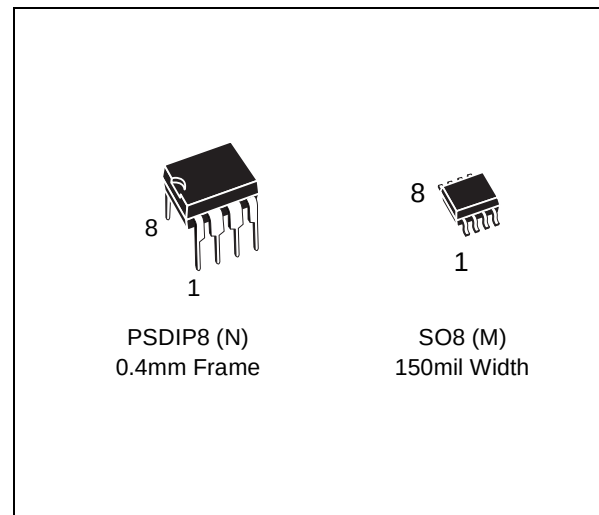


Figure 1. Logic Diagram

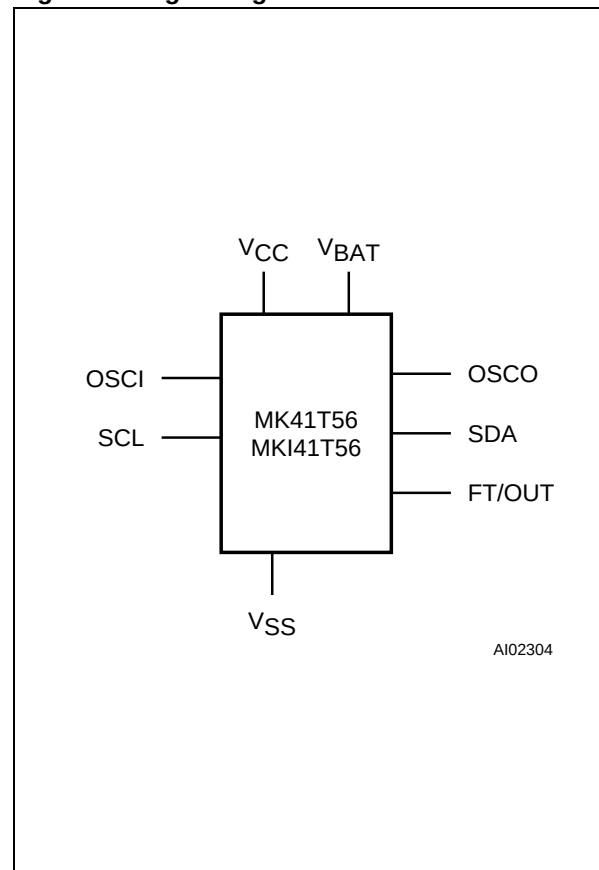


Figure 2. DIP Connections

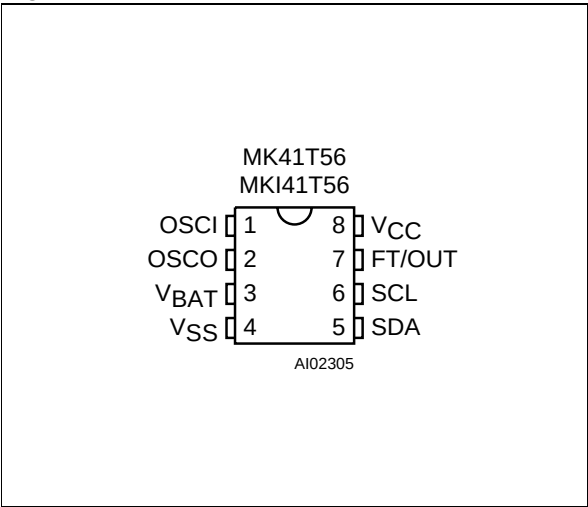


Figure 3. SOIC Connections

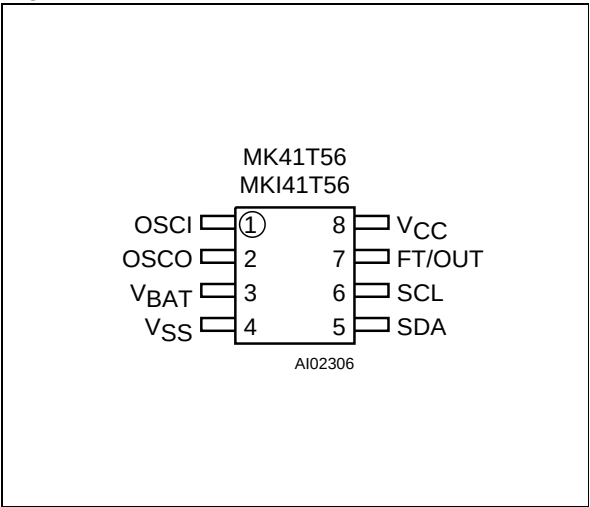


Table 1. Signal Names

|                  |                                             |
|------------------|---------------------------------------------|
| OSCI             | Oscillator Input                            |
| OSCO             | Oscillator Output                           |
| FT/OUT           | Frequency Test / Output Driver (Open Drain) |
| SDA              | Serial Data Address Input / Output          |
| SCL              | Serial Clock                                |
| V <sub>BAT</sub> | Battery Supply Voltage                      |
| V <sub>CC</sub>  | Supply Voltage                              |
| V <sub>SS</sub>  | Ground                                      |

OPERATION

The MK41T56 clock operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a start condition followed by the correct slave address (11010000). The 64 bytes contained in the

device can then be accessed sequentially in the following order:

1. Seconds Register
2. Minutes Register
3. Hours Register
4. Day Register
5. Date Register
6. Month Register
7. Years Register
8. Control Register

9 to 64. RAM

The clock continually monitors V<sub>CC</sub> for an out of tolerance condition. Should V<sub>CC</sub> fall below V<sub>PFD</sub>, the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V<sub>CC</sub> falls below V<sub>BAT</sub>, the device automatically switches over to the battery and powers down into an ultra low current mode of operation to conserve battery life. Upon power-up, the device switches from battery to V<sub>CC</sub> at V<sub>BAT</sub> and recognizes inputs when V<sub>CC</sub> goes above V<sub>PFD</sub> volts.

**Table 2. Absolute Maximum Ratings**

| Symbol           | Parameter                                                 |          | Value      | Unit |
|------------------|-----------------------------------------------------------|----------|------------|------|
| T <sub>A</sub>   | Ambient Operating Temperature                             | MK41T56  | 0 to 70    | °C   |
|                  |                                                           | MKI41T56 | –40 to 85  | °C   |
| T <sub>STG</sub> | Storage Temperature (V <sub>CC</sub> Off, Oscillator Off) |          | –55 to 125 | °C   |
| V <sub>IO</sub>  | Input or Output Voltages                                  |          | –0.3 to 7  | V    |
| V <sub>CC</sub>  | Supply Voltage                                            |          | –0.3 to 7  | V    |
| I <sub>O</sub>   | Output Current                                            |          | 20         | mA   |
| P <sub>D</sub>   | Power Dissipation                                         |          | 0.25       | W    |

Note: Stresses greater than those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

**CAUTION:** Negative undershoots below –0.3V are not allowed on any pin while in the Battery Back-up mode.

**Table 3. Register Map**

| Address | Data     |            |          |             |         |     |    |    | Function/Range<br>BCD Format |       |
|---------|----------|------------|----------|-------------|---------|-----|----|----|------------------------------|-------|
|         | D7       | D6         | D5       | D4          | D3      | D2  | D1 | D0 |                              |       |
| 0       | ST       | 10 Seconds |          |             | Seconds |     |    |    | Seconds                      | 00-59 |
| 1       | X        | 10 Minutes |          |             | Minutes |     |    |    | Minutes                      | 00-59 |
| 2       | X        | X          | 10 Hours |             | Hours   |     |    |    | Hour                         | 00-23 |
| 3       | X        | X          | X        | X           | X       | Day |    |    | Day                          | 01-07 |
| 4       | X        | X          | 10 Date  |             | Date    |     |    |    | Date                         | 01-31 |
| 5       | X        | X          | X        | 10 M.       | Month   |     |    |    | Month                        | 01-12 |
| 6       | 10 Years |            |          |             | Years   |     |    |    | Year                         | 00-99 |
| 7       | OUT      | FT         | S        | Calibration |         |     |    |    | Control                      |       |

Keys: S = SIGN Bit  
 FT = FREQUENCY TEST Bit  
 ST = STOP Bit

OUT = Output level  
 X = Don't care

Figure 4. Block Diagram

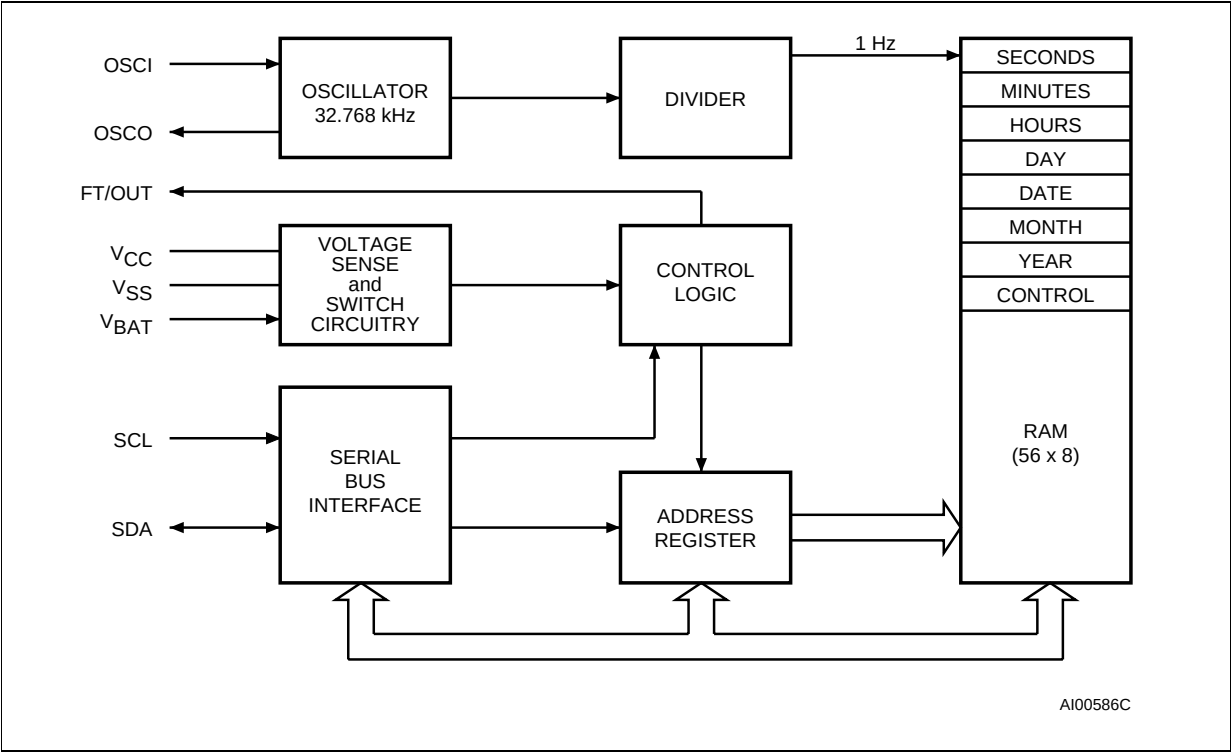


Table 4. AC Measurement Conditions

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Input Rise and Fall Times             | $\leq 5\text{ns}$ |
| Input Pulse Voltages                  | 0 to 3V           |
| Input and Output Timing Ref. Voltages | 1.5V              |

Note that Output Hi-Z is defined as the point where data is no longer driven.

Figure 5. AC Testing Load Circuit

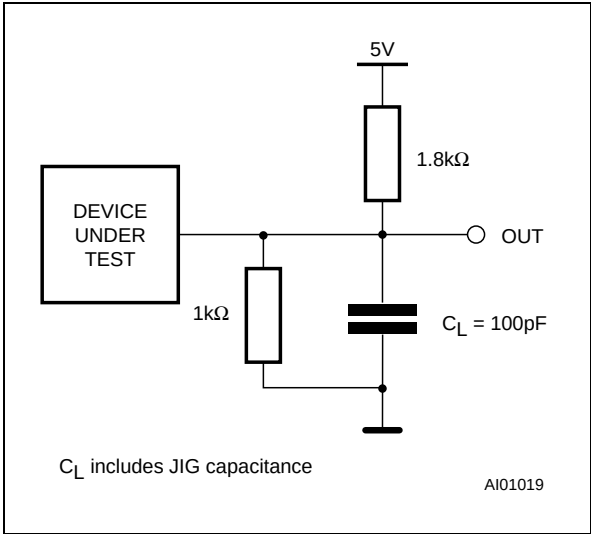


**Table 5. Capacitance** <sup>(1, 2)</sup>(T<sub>A</sub> = 25 °C, f = 1 MHz)

| Symbol                          | Parameter                        | Min | Max | Unit |
|---------------------------------|----------------------------------|-----|-----|------|
| C <sub>IN</sub>                 | Input Capacitance (SCL)          |     | 7   | pF   |
| C <sub>OUT</sub> <sup>(2)</sup> | Output Capacitance (SDA, FT/OUT) |     | 10  | pF   |

Note: 1. Effective capacitance measured with power supply at 5V.

2. Sampled only, not 100% tested.

3. Outputs deselected.

**Table 6. DC Characteristics**(T<sub>A</sub> = 0 to 70°C or –40 to 85°C; V<sub>CC</sub> = 4.5V to 5.5V)

| Symbol                          | Parameter                 | Test Condition                                                                       | Min  | Typ | Max                   | Unit |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----------------------|------|
| I <sub>LI</sub>                 | Input Leakage Current     | 0V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ V <sub>CC</sub>                                               |      |     | ±10                   | μA   |
| I <sub>LO</sub>                 | Output Leakage Current    | 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub>                                              |      |     | ±10                   | μA   |
| I <sub>CC1</sub>                | Supply Current            | SCL/SDA = V <sub>CC</sub> – 0.3V                                                     |      |     | 1                     | mA   |
| I <sub>CC2</sub>                | Supply Current (Stand-by) |                                                                                      |      |     | 1                     | mA   |
| V <sub>IL</sub>                 | Input Low Voltage         |                                                                                      | –0.3 |     | 1.5                   | V    |
| V <sub>IH</sub>                 | Input High Voltage        |                                                                                      | 3    |     | V <sub>CC</sub> + 0.8 | V    |
| V <sub>OL</sub>                 | Output Low Voltage        | I <sub>OL</sub> = 5mA, V <sub>CC</sub> = 4.5V                                        |      |     | 0.4                   | V    |
| V <sub>BAT</sub> <sup>(1)</sup> | Battery Supply Voltage    |                                                                                      | 2.6  | 3   | 3.5                   | V    |
| I <sub>BAT</sub>                | Battery Supply Current    | T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CC</sub> = 0V,<br>Oscillator ON, V <sub>BAT</sub> = 3V |      | 450 | 500                   | nA   |

Note: 1. The RAYOVAC BR1225 or equivalent is recommended as the battery supply.

**Table 7. Power Down/Up Trip Points DC Characteristics** <sup>(1)</sup>(T<sub>A</sub> = 0 to 70°C or –40 to 85°C)

| Symbol           | Parameter                          | Min                  | Typ                   | Max                    | Unit |
|------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------|
| V <sub>PFD</sub> | Power-fail Deselect Voltage        | 1.2 V <sub>BAT</sub> | 1.25 V <sub>BAT</sub> | 1.285 V <sub>BAT</sub> | V    |
| V <sub>SO</sub>  | Battery Back-up Switchover Voltage |                      | V <sub>BAT</sub>      |                        | V    |

Note: 1. All voltages referenced to V<sub>SS</sub>.**Table 8. Crystal Electrical Characteristics**

(Externally Supplied)

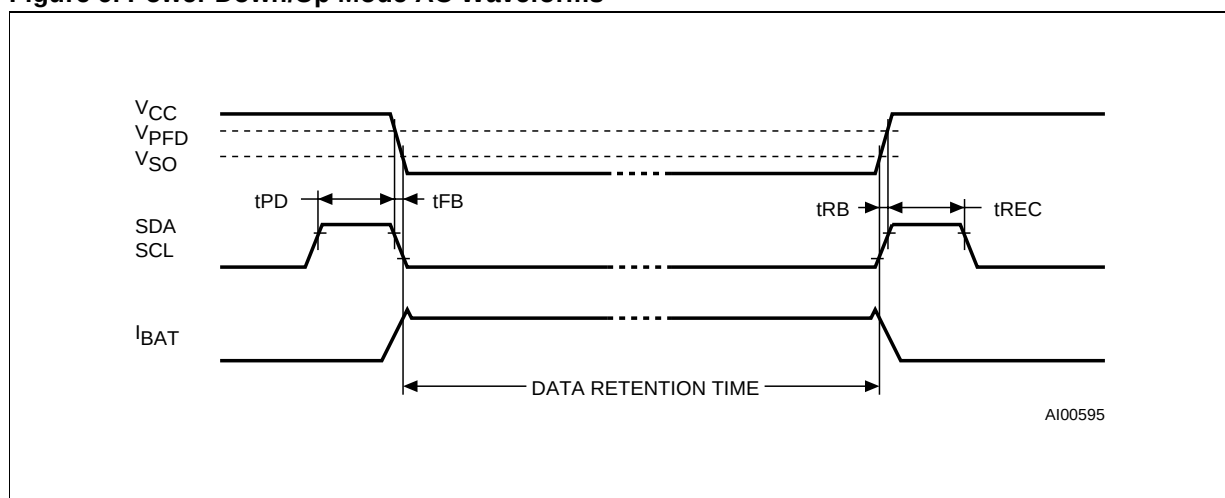
| Symbol         | Parameter          | Min | Typ    | Max | Unit |
|----------------|--------------------|-----|--------|-----|------|
| f <sub>O</sub> | Resonant Frequency |     | 32.768 |     | kHz  |
| R <sub>S</sub> | Series Resistance  |     |        | 35  | kΩ   |
| C <sub>L</sub> | Load Capacitance   |     | 12.5   |     | pF   |

Note: Load capacitors are integrated within the MK41T56. Circuit board layout considerations for the 32.768kHz crystal of minimum trace lengths and isolation from RF generating signals should be taken into account.

STMicroelectronics recommends the ECS-.327-12.5-8SP-2 quartz crystal is recommended for industrial temperature operations. ESC Inc. can be contacted at 800-237-1041 or 913-782-7787 for further information on this crystal type.

**Table 9. Power Down/Up Mode AC Characteristics**  
 ( $T_A = 0$  to  $70^\circ\text{C}$  or  $-40$  to  $85^\circ\text{C}$ )

| Symbol    | Parameter                                            | Min | Max | Unit          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----|-----|---------------|
| $t_{PD}$  | SCL and SDA at $V_{IH}$ before Power Down            | 0   |     | ns            |
| $t_{FB}$  | $V_{PFD}(\text{min})$ to $V_{SO}$ $V_{CC}$ Fall Time | 300 |     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{RB}$  | $V_{SO}$ to $V_{PFD}(\text{min})$ $V_{CC}$ Rise Time | 100 |     | $\mu\text{s}$ |
| $t_{REC}$ | SCL and SDA at $V_{IH}$ after Power Up               | 200 |     | $\mu\text{s}$ |

**Figure 6. Power Down/Up Mode AC Waveforms**


## 2-WIRE BUS CHARACTERISTICS

This bus is intended for communication between different ICs. It consists of two lines: one bi-directional for data signals (SDA) and one for clock signals (SCL). Both the SDA and the SCL lines must be connected to a positive supply voltage via a pull-up resistor.

The following protocol has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is High.
- Changes in the data line while the clock line is High will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

**Bus not busy.** Both data and clock lines remain High.

**Start data transfer.** A change in the state of the data line, from High to Low, while the clock is High, defines the START condition.

**Stop data transfer.** A change in the state of the data line, from Low to High, while the clock is High, defines the STOP condition.

**Data valid.** The state of the data line represents valid data when after a start condition, the data line is stable for the duration of the High period of the clock signal. The data on the line may be changed during the Low period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a start condition and terminated with a stop condition. The number

**Table 10. AC Characteristics**(T<sub>A</sub> = 0 to 70 °C or –40 to 85°C; V<sub>CC</sub> = 4.5V to 5.5V)

| Symbol                             | Parameter                                                                           | Min  | Max | Unit |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|
| f <sub>SCL</sub>                   | SCL Clock Frequency                                                                 | 0    | 100 | kHz  |
| t <sub>LOW</sub>                   | Clock Low Period                                                                    | 4.7  |     | μs   |
| t <sub>HIGH</sub>                  | Clock High Period                                                                   | 4    |     | μs   |
| t <sub>R</sub>                     | SDA and SCL Rise Time                                                               |      | 1   | μs   |
| t <sub>F</sub>                     | SDA and SCL Fall Time                                                               |      | 300 | ns   |
| t <sub>HD:STA</sub>                | START Condition Hold Time<br>(after this period the first clock pulse is generated) | 4    |     | μs   |
| t <sub>SU:STA</sub>                | START Condition Setup Time<br>(only relevant for a repeated start condition)        | 4.7  |     | μs   |
| t <sub>SU:DAT</sub> <sup>(1)</sup> | Data Setup Time                                                                     | 250  |     | ns   |
| t <sub>HD:DAT</sub>                | Data Hold Time                                                                      | 0    |     | μs   |
| t <sub>SU:STO</sub>                | STOP Condition Setup Time                                                           | 4.7  |     | μs   |
| t <sub>BUF</sub>                   | Time the bus must be free before a new transmission can start                       | 4.7  |     | μs   |
| t <sub>i</sub>                     | Noise suppression time constant at SCL and SDA input                                | 0.25 | 1   | μs   |

Note: 1. Transmitter must internally provide a hold time to bridge the undefined region (300ns max.) of the falling edge of SCL.

of data bytes transferred between the start and stop conditions is not limited. The information is transmitted byte-wide and each receiver acknowledges with a ninth bit.

By definition, a device that gives out a message is called "transmitter", the receiving device that gets the message is called "receiver". The device that controls the message is called "master". The devices that are controlled by the master are called "slaves".

**Acknowledge.** Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit. This acknowledge bit is a low level put on the bus by the receiver, whereas the master generates an extra acknowledge related clock pulse.

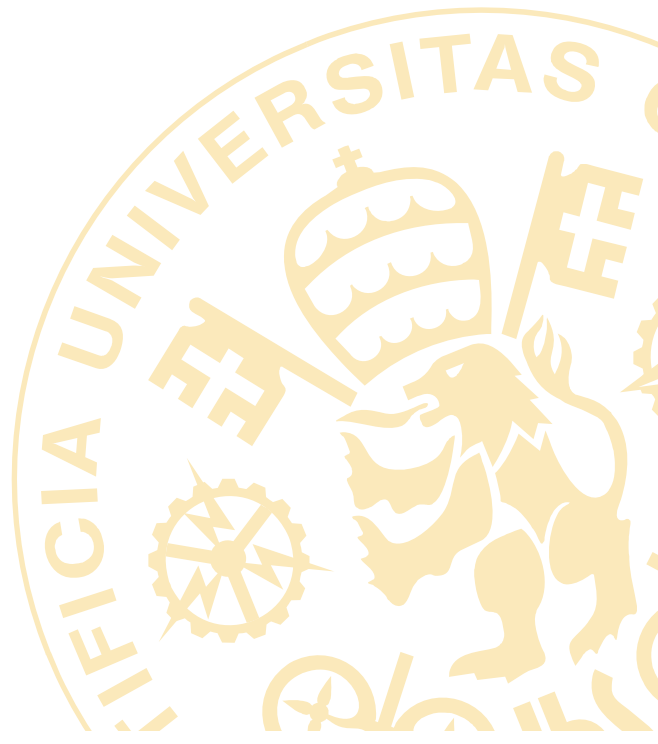
A slave receiver which is addressed is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. Also, a master receiver must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter.

The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is a stable Low during the High period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master receiver must signal an end-of-data to the slave transmitter by not generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the transmitter must leave the data line High to enable the master to generate the STOP condition.

# DOCUMENTO II



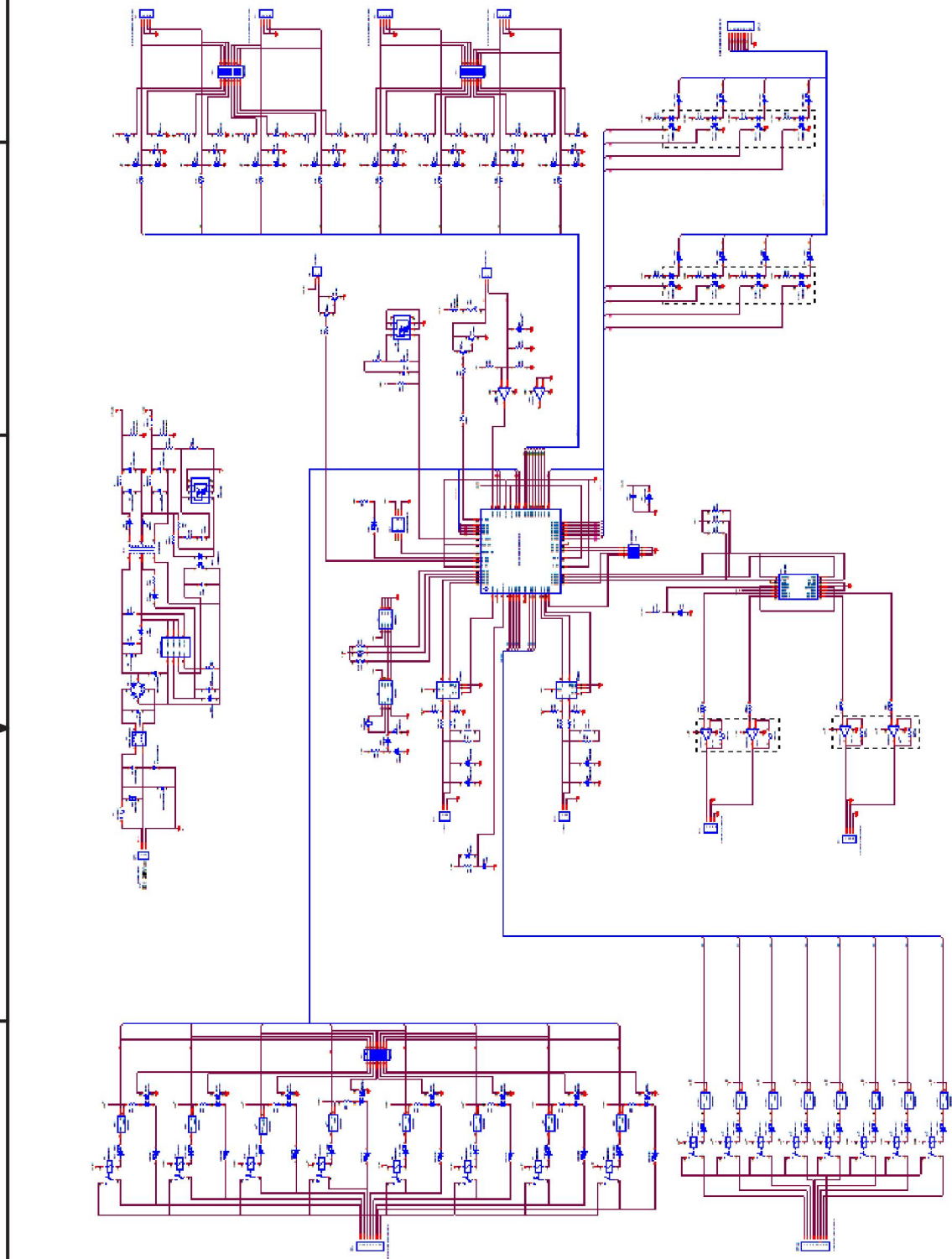
# PLANOS





# Lista de planos

- Plano 1. Esquema circuito electrónico
- Plano 2. Esquema pistas cara superior
- Plano 3. Esquema pistas cara posterior
- Plano 4. PCB
- Plano 5. Plano carátula adhesiva
- Plano 6. Dimensiones caja
- Plano 7. Caja base vista frontal
- Plano 8. Caja base vista posterior

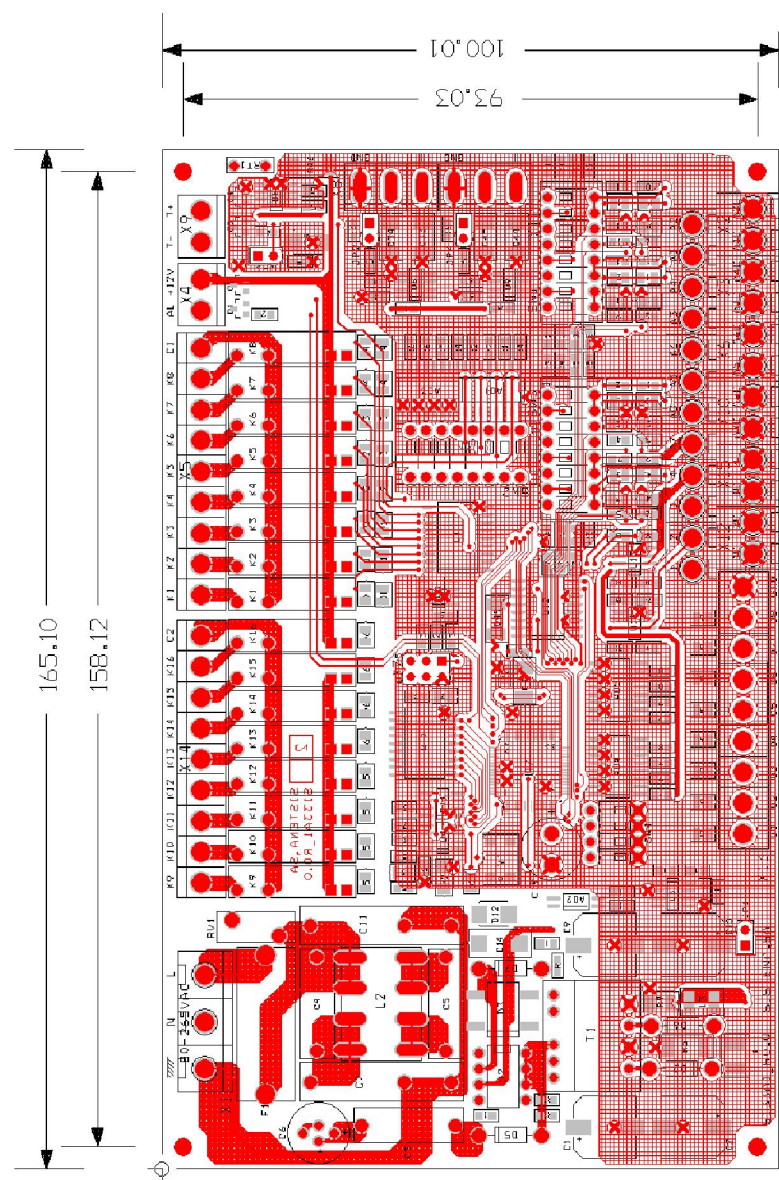


|            |                              |                   |                                     |  |
|------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--|
| MATERIAL   | -                            |                   | <b>ESQUEMA CIRCUITO ELECTRÓNICO</b> |  |
| TOLERANCIA | -                            |                   |                                     |  |
|            | NOMBRE                       | FECHA             | <b>CONTROL DE SALAS DE CALDERAS</b> |  |
| DIBUJADO   | <i>Laura Vallejo Cebrero</i> | <i>25/10/2011</i> |                                     |  |
| COMPROBADO |                              |                   | <b>I.C.A.I.</b>                     |  |
| ESCALA:    | FIRMA:                       |                   |                                     |  |
| <b>1:1</b> |                              |                   | Nº DE LÁMINA:<br><b>1</b>           |  |



|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| MATERIAL   | -                     |            |
| TOLERANCIA | -                     |            |
|            | NOMBRE                | FECHA      |
| DIBUJADO   | Laura Vallejo Cebrero | 25/10/2011 |
| COMPROBADO |                       |            |
| ESCALA:    | FIRMA:                |            |
| 1:1        |                       |            |

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| ESQUEMA DE PISTAS CARA POSTERIOR |                    |
| CONTROL DE SALAS DE CALDERAS     |                    |
| I.C.A.I.                         | Nº DE LÁMINA:<br>3 |



SOLDERMASK TOP  
 DRILL DRAWING  
 SILKSCREEN TOP  
 SOLDER PASTE TOP  
 SOLDERMASK BOTTOM  
 REVAL BOTTOM  
 DRILL

| SYM   | DIAM     | TOL | QTY | NOTE       |
|-------|----------|-----|-----|------------|
| X     | 0.400 mm |     | 204 |            |
| +     | 0.787 mm |     | 111 |            |
| o     | 1.143 mm |     | 34  |            |
| o     | 1.270 mm |     | 44  |            |
| o     | 1.575 mm |     | 66  |            |
| X     | 3.000 mm |     | 4   | NON-PLATED |
| TOTAL |          |     | 463 |            |



**ESS118LEX02: CARÁTULA LEXAN ADHESIVA CIEGA** de 0,2mm. de espesor. Pegada sobre el poliéster.

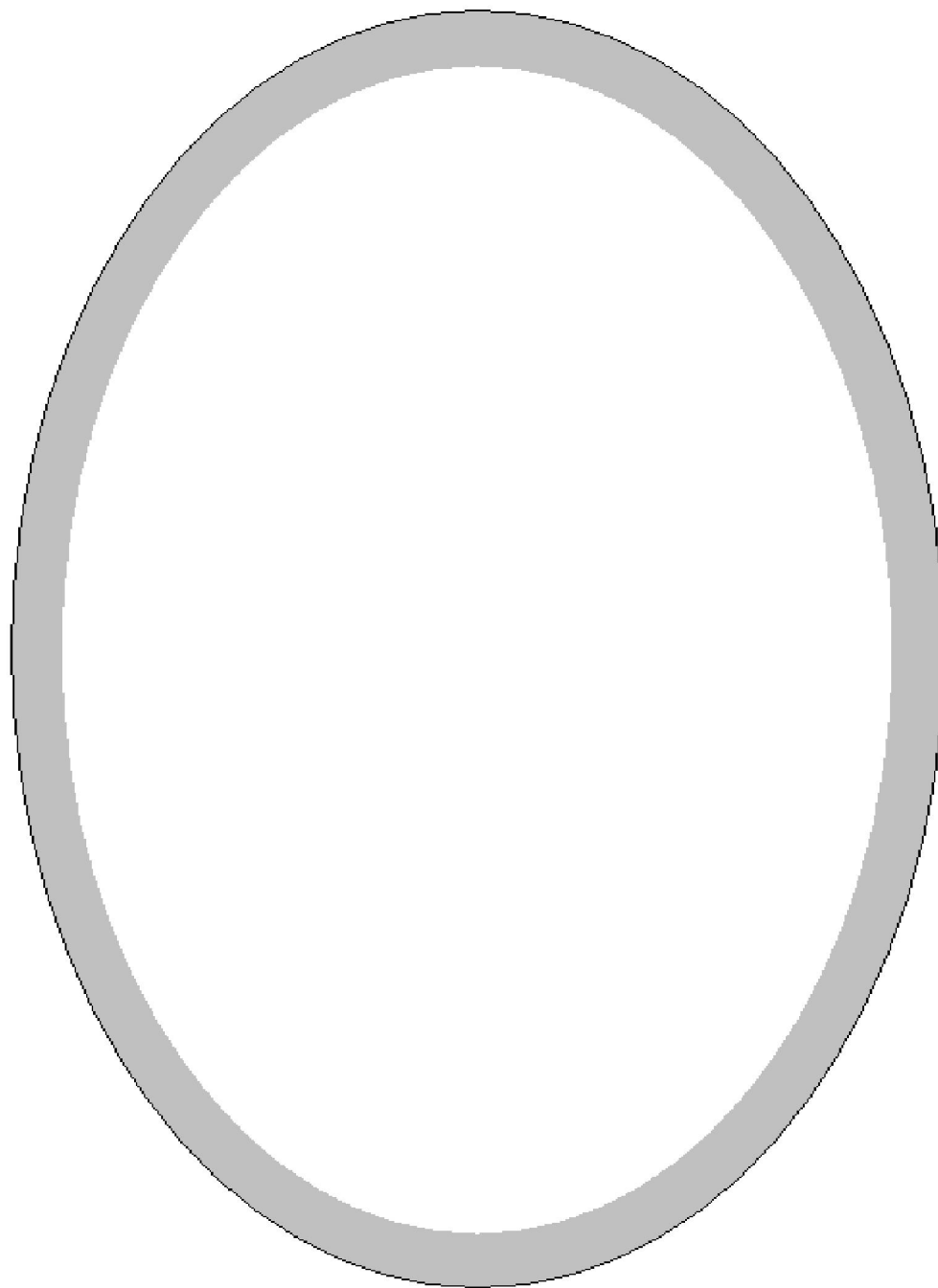
ACABADO: Texturado de 250 micras.

DIMENSIONES: Según tapa de muestra

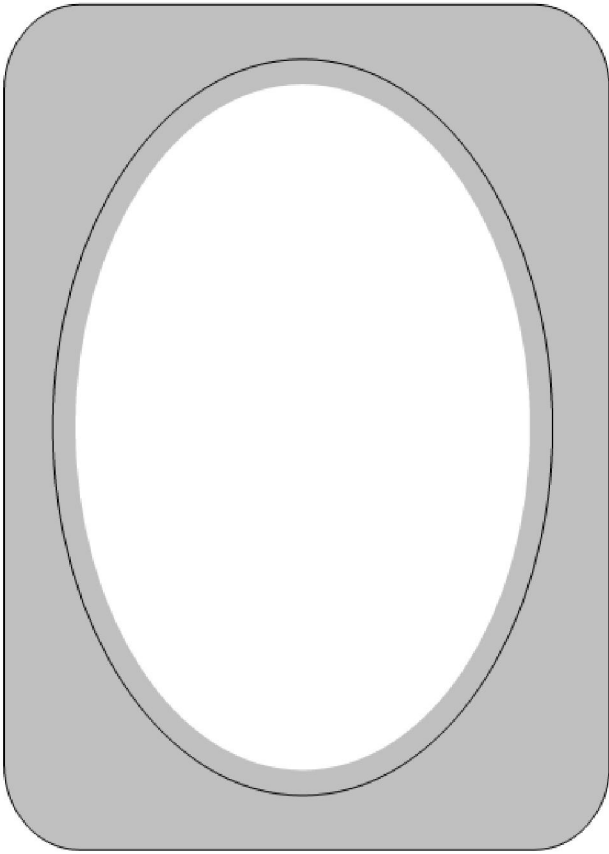
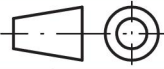
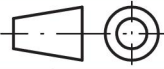
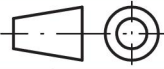
NUEVO TROQUEL para las dimensiones externas

SERIGRAFIA COLOR DE FONDO: PANTONE COOL GRAY-1C (gris claro)

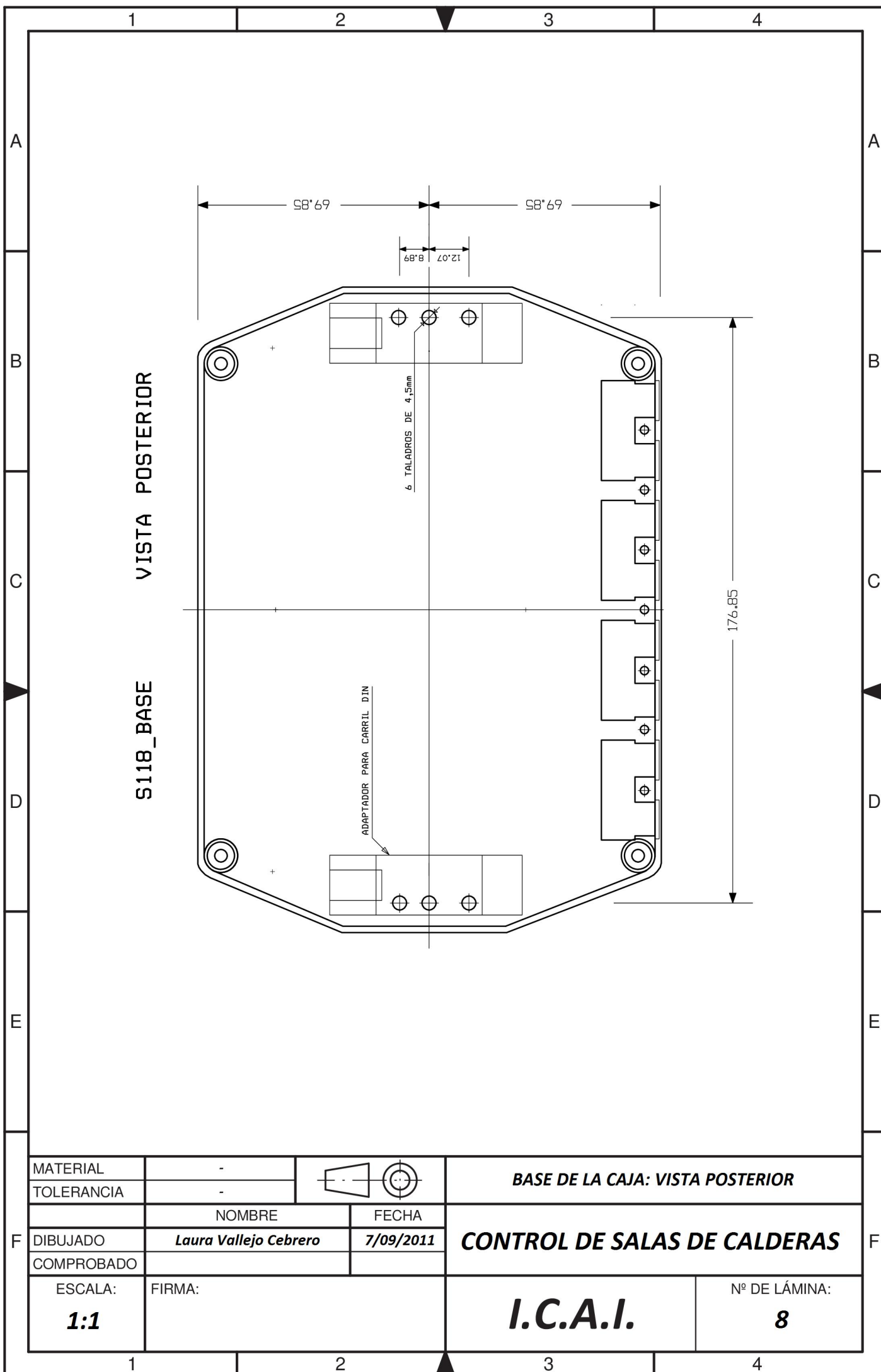
SERIGRAFIA COLOR DE TEXTOS: PANTONE COOL GRAY-5C (gris oscuro)



|            |                       |           |                              |                    |
|------------|-----------------------|-----------|------------------------------|--------------------|
| MATERIAL   | -                     |           | CARÁTULA ADHESIVA            |                    |
| TOLERANCIA | -                     |           |                              |                    |
|            | NOMBRE                | FECHA     | CONTROL DE SALAS DE CALDERAS |                    |
| DIBUJADO   | Laura Vallejo Cebrero | 7/09/2011 |                              |                    |
| COMPROBADO |                       |           |                              |                    |
| ESCALA:    | FIRMA:                |           | I.C.A.I.                     | Nº DE LÁMINA:<br>5 |
| 1:1        |                       |           |                              |                    |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                                     |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|---|--|--|--------|-------|--|----------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------|--|--|---------|--------|--|--|------------|--|--|-----------------|--|--|--|---------------------------|---|
| 1          | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                   | 4                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| A          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                     | A                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| B          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     | B                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| C          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     | C                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| D          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     | D                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| E          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     | E                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| F          | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">MATERIAL</td> <td style="width: 25%;">-</td> <td rowspan="2" style="width: 25%; text-align: center;">  </td> <td style="width: 25%; text-align: center;">DIMENSIONES DE LA CAJA</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>NOMBRE</td> <td>FECHA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIBUJADO</td> <td><i>Laura Vallejo Cebrero</i></td> <td><i>7/09/2011</i></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>CONTROL DE SALAS DE CALDERAS</b></td> </tr> <tr> <td>COMPROBADO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESCALA:</td> <td colspan="2">FIRMA:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>1:1</b></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>I.C.A.I.</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Nº DE LÁMINA:<br/><b>6</b></td> </tr> </table> |                                                                                     | MATERIAL                            | - |  | DIMENSIONES DE LA CAJA | TOLERANCIA | - |  |  | NOMBRE | FECHA |  | DIBUJADO | <i>Laura Vallejo Cebrero</i> | <i>7/09/2011</i> | <b>CONTROL DE SALAS DE CALDERAS</b> | COMPROBADO |  |  | ESCALA: | FIRMA: |  |  | <b>1:1</b> |  |  | <b>I.C.A.I.</b> |  |  |  | Nº DE LÁMINA:<br><b>6</b> | F |
| MATERIAL   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  | DIMENSIONES DE LA CAJA              |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| TOLERANCIA | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                     |                                     |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
|            | NOMBRE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | FECHA                                                                               |                                     |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| DIBUJADO   | <i>Laura Vallejo Cebrero</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>7/09/2011</i>                                                                    | <b>CONTROL DE SALAS DE CALDERAS</b> |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| COMPROBADO |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                                     |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| ESCALA:    | FIRMA:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                                     |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| <b>1:1</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     | <b>I.C.A.I.</b>                     |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     | Nº DE LÁMINA:<br><b>6</b>           |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |
| 1          | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                   | 4                                   |   |                                                                                     |                        |            |   |  |  |        |       |  |          |                              |                  |                                     |            |  |  |         |        |  |  |            |  |  |                 |  |  |  |                           |   |



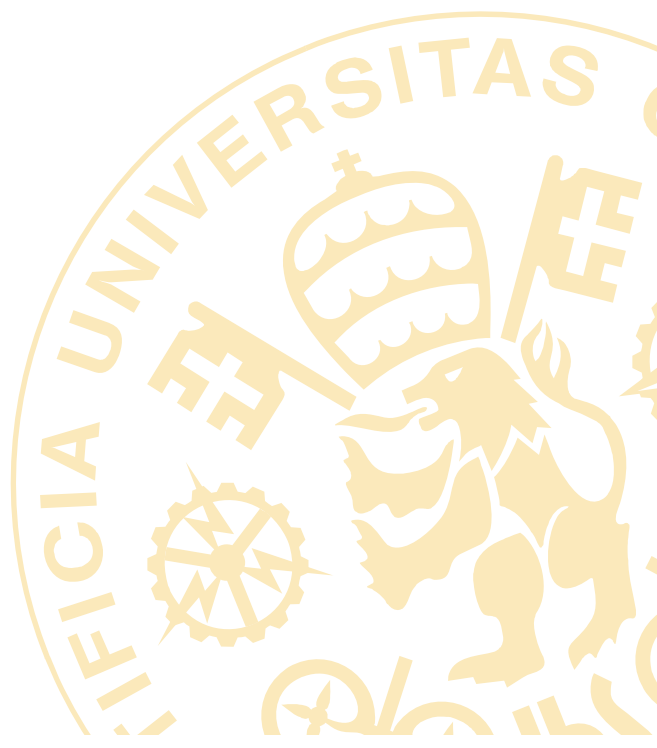


|   |            |                       |           |                                         |                           |
|---|------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------------|---------------------------|
| F | MATERIAL   | -                     |           | <b>BASE DE LA CAJA: VISTA POSTERIOR</b> |                           |
|   | TOLERANCIA | -                     |           | <b>CONTROL DE SALAS DE CALDERAS</b>     |                           |
|   |            | NOMBRE                | FECHA     |                                         |                           |
|   | DIBUJADO   | Laura Vallejo Cebrero | 7/09/2011 |                                         |                           |
|   | COMPROBADO |                       |           |                                         |                           |
|   | ESCALA:    | FIRMA:                |           | <b>I.C.A.I.</b>                         | Nº DE LÁMINA:<br><b>8</b> |
|   | <b>1:1</b> |                       |           |                                         |                           |

**DOCUMENTO III**



**PLIEGO DE  
CONDICIONES**





# Índice

|                                                                                      |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Pliego de condiciones generales y económicas</b>                               | <b>5</b> |
| 1.1. Condiciones generales . . . . .                                                 | 5        |
| 1.2. Condiciones económicas . . . . .                                                | 6        |
| <b>2. Pliego de condiciones técnicas y particulares</b>                              | <b>7</b> |
| 2.1. Equipo informático . . . . .                                                    | 7        |
| 2.2. Sistemas de radiofrecuencia . . . . .                                           | 7        |
| 2.3. Normas de calidad . . . . .                                                     | 7        |
| 2.4. Normas de seguridad e higiene . . . . .                                         | 8        |
| 2.5. Vida útil del producto . . . . .                                                | 8        |
| 2.6. Otros criterios . . . . .                                                       | 8        |
| 2.6.1. Soporte . . . . .                                                             | 8        |
| 2.6.2. Pistas . . . . .                                                              | 8        |
| 2.7. Criterios de diseño de circuitos impresos según Normas: EN 60335-1 y IPC-SM-782 | 9        |
| 2.7.1. Aislamiento . . . . .                                                         | 9        |
| 2.7.2. Pistas . . . . .                                                              | 9        |
| 2.7.3. Huellas-taladros . . . . .                                                    | 10       |
| 2.7.4. Mascarilla solder (Solder Mask) . . . . .                                     | 11       |
| 2.7.5. Zona de masa (Copper pour GND) . . . . .                                      | 11       |
| 2.7.6. Thermal relief . . . . .                                                      | 11       |
| 2.7.7. Tamaño de texto ref. componente . . . . .                                     | 12       |
| 2.7.8. Multicapa . . . . .                                                           | 12       |
| 2.7.9. Mejoras en diseño de SMD . . . . .                                            | 14       |
| 2.7.10. Montaje disipador . . . . .                                                  | 15       |
| 2.7.11. Elastómero . . . . .                                                         | 15       |
| 2.7.12. SMD - condensadores estándar (Case size EIA) . . . . .                       | 16       |
| 2.7.13. SMD - resistencias y diodos . . . . .                                        | 16       |
| 2.7.14. Ficheros Gerber: Fabricación PCB . . . . .                                   | 16       |
| 2.7.15. Características PCB . . . . .                                                | 17       |



# Capítulo 1

## Pliego de condiciones generales y económicas

### 1.1. Condiciones generales

Las condiciones y cláusulas que se establecen en este documento son de obligado cumplimiento por las partes contratantes.

- I. Tanto el administrador como el cliente se comprometen desde la fecha de la firma del contrato a llevar a cabo lo que se estipule.
- II. Ante cualquier reclamación o discrepancia en lo concerniente al cumplimiento de lo pactado por cualquiera de las partes, una vez agotada toda vía de entendimiento, se tramitará el asunto por la vía de lo legal. El dictamen o sentencia que se dicte será de obligado cumplimiento para las dos partes.
- III. Al firmarse el contrato, el suministrador se compromete a facilitar toda la información necesaria para la instalación y buen funcionamiento del sistema, siempre que sea requerido para ello.
- IV. Asimismo, el cliente entregará al suministrador todas las características distintivas del equipo comprado y aquellas otras que considere oportunas para el necesario conocimiento de la misma a efectos del diseño del presente equipo.
- V. El plazo de entrega será de tres meses, a partir de la fecha de la firma del contrato, pudiendo ampliarse en un mes. Cualquier modificación de los plazos deberá contar con el acuerdo de las dos partes.
- VI. En caso de retrasos imputables al suministrador, se considerará una indemnización del 1 % del valor estipulado por semana de retraso.

- VII. Existirá un plazo de garantía de un año a partir de la entrega del sistema. Dicha garantía quedará sin efecto si se demostrase que el sistema ha estado sometido a manipulación o uso indebido.
- VIII. Cumplido dicho plazo de garantía, el suministrador queda obligado a la reparación del sistema durante un plazo de cinco años, fuera del cual quedará a su propio criterio atender la petición del cliente.
- IX. El suministrador no tendrá en ningún momento obligación alguna frente a desperfectos o averías por uso indebido de personas no autorizadas por el suministrador.

## **1.2. Condiciones económicas**

- I. Los precios indicados en este proyecto son firmes y sin revisión por ningún concepto, siempre y cuando se acepten dentro del periodo de validez del presupuesto que se fija hasta Diciembre de 2011.
- II. El pago se realizará como sigue:
  - 75 % a la firma del contrato.
  - 25 % en el momento de entrega.
- III. La forma de pago será al contado mediante cheque nominativo o mediante transferencia bancaria. En ningún caso se aceptarán letras de cambio.
- IV. El suministrador se hará cargo de los gastos de embalaje y de transporte dentro de la ciudad donde se encuentre la instalación. Si es necesario realizar un transporte interurbano, el gasto correrá por cuenta del cliente. En todo caso, el responsable de los posibles desperfectos ocasionados durante el transporte será el proveedor.
- V. Durante el plazo de garantía, la totalidad de los gastos originados por las reparaciones correrán por cuenta del suministrador.
- VI. Fuera de dicho plazo y durante los siguientes cinco años, los costes serán fijados mediante acuerdo por ambas partes. Pasados 5 años, éstos los fijará exclusivamente el suministrador.

# Capítulo 2

## Pliego de condiciones técnicas y particulares

### 2.1. Equipo informático

- I. El equipo informático deberá estar homologado conforme a las reglamentaciones europea y española vigentes a fecha de junio de 2011.
- II. El lugar de instalación del equipo deberá ajustarse a los niveles de temperatura y humedad indicados por el fabricante.
- III. Los programas informáticos empleados han de contar con la licencia preceptiva y cumplir con las condiciones de la misma. En caso de usar programas de licencia GNU, se deberán respetar las condiciones de la misma.

### 2.2. Sistemas de radiofrecuencia

El sistema de radio frecuencia cumplirá con los requisitos establecidos en la normativa Europea (R&TTE Directive 1999-5-EC). El sistema de radiofrecuencia se atenderá a la normativa vigente de protección del espacio radioeléctrico y protección de la salud: LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES 11/1998, DE 24 DE ABRIL DE 1998.

### 2.3. Normas de calidad

Los sistemas se diseñarán de forma que cumplan las normas UNE, CEI y EN aplicables a este tipo de productos, así como las normas ETSI (European Telecommunications Standards Institute) para sistemas de radiofrecuencia.

## **2.4. Normas de seguridad e higiene**

El proyecto cumplirá con la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

## **2.5. Vida útil del producto**

Los sistemas se diseñarán para una vida útil no inferior a diez años en funcionamiento continuo.

## **2.6. Otros criterios**

Los circuitos electrónicos se diseñarán empleando componentes normalizados siempre que sea posible.

### **2.6.1. Soporte**

El tipo de soporte aislante utilizado en las placas de circuito será de fibra de vidrio, con las características siguientes (recomendadas):

- Resistencia superficial en  $M<10^5$ .
- Resistencia volumétrica en  $M<10^7$ .
- Constante dieléctrica (a  $f=1\text{MHz}$ ) 0,25.
- Temperatura máxima de trabajo  $125^{\circ}\text{C}$ .
- Temperatura máxima de soldadura (máx. 20 seg.)  $260^{\circ}\text{C}$ .

El espesor de las placas será de 1,6 mm (valor normalizado). Las placas serán de dos caras, fabricadas por el método sustractivo basado en máscaras. Deberán acompañarse de un esquema que contenga los taladros a realizar, así como la colocación exacta de los componentes.

### **2.6.2. Pistas**

El diseño se realizará teniendo en cuenta las recomendaciones para equipos de alta frecuencia y de telecomunicaciones que dicta la normativa Europea en cuanto a:

- Compatibilidad electromagnética(89/36/EEC).
- Niveles de tensión (73/23/EEC).

## 2.7. Criterios de diseño de circuitos impresos según Normas: EN 60335-1 y IPC-SM-782

### 2.7.1. Aislamiento

- TENSION =5V o <5V.....0.010 = 0,25mm
- TENSIÓN =12V, 24V o 48V.....0.030 = 0,76mm
- TENSIÓN =50-250V.....0.118 = 3,00mm
- TENSIÓN =250V o >250V.....0.157 = 4,00mm

SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE PISTAS o PADS:

- CLASE 3 = 0,30mm.
- CLASE 4 = 0.20mm.
- CLASE 5 = 0,15mm.

SEPARACIÓN MÍNIMA DE PISTAS Y BORDE DE PLACA:

- FRESADO = 0,25mm.
- SCORING = 0,50mm.

### 2.7.2. Pistas

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| SEÑAL NORMAL.....                 | 0.015 = 0,38mm |
| ALIMENTACIONES =5V, 12V, 24V..... | 0.030 = 0,76mm |
| INTENSIDAD <1 A.....              | 0.050 = 1,27mm |
| INTENSIDAD <2 A.....              | 0.075 = 1,90mm |

INTENSIDAD <4 A.....0.100 = 2,54mm

INTENSIDAD <6 A.....0.125 = 3,17mm

#### ANCHURA MÍNIMA DE PISTAS:

- CLASE 3 = 0,30mm.
- CLASE 4 = 0.20mm.
- CLASE 5 = 0,15mm.

### 2.7.3. Huellas-taladros

VIA1 (PASANTES).....redondo 0.050- 1,27mm——0.024- 0,60mm  
 VIA2 (PASANTES).....redondo 0.031- 0,80mm——0.015- 0,40mm  
 C. INTEGRADOS.....redondo 0.062- 1,58mm——0.031- 0,78mm  
 TRANSISTORES "BD", TO220.....ovalado 0.125"x 0.075——0.050- 1,27mm .....ova-  
 lado 3,17 x 1,90mm  
 RESISTENCIAS <1/4W.....redondo 0.062- 1,58mm——0.031- 0,78mm  
 RESISTENCIAS <1/2W.....redondo 0.075- 1,90mm——0.045- 1,14mm  
 RESISTENCIAS <1W.....redondo 0.094- 2,40mm——0.050- 1,27mm  
 DIODOS 1N.....redondo 0.094- 2,40mm——0.050- 1,27mm  
 PUENTE RECTIFICADOR.....redondo 0.094- 2,40mm——0.050- 1,27mm  
 COND. CTA, CMC, CCD 25V.....redondo 0.062- 1,58mm——0.031- 0,78mm  
 COND. POLIÉSTER 100V.....redondo 0.075- 1,90mm——0.045- 1,14mm  
 COND. ELECTR. <50-1000V.....redondo 0.190- 4,80mm——0.094- 2,40mm  
 JUMPER, CABLE PLANO 2,54.....cuadrado 0.062- 1,58mm——0.045- 1,14mm  
 DISIPADOR VERTICAL.....ovalado 0.175"x 0.230——0.071- 1,80mm .....ova-  
 lado 4,45 x 5,84mm——ovalado 3,60 x 1,80mm  
 BORNAS PASO 5,08 - 7,62mm.....ovalado 0.079"x 0.197——0.071- 1,80mm .....ovala-  
 do 2,00 x 5,00mm  
 TRAFOS.....redondo 0.190- 4,80mm——0.094- 2,40mm  
 RELES.....redondo 0.125- 3,17mm——0.050- 1,27mm  
 SUJECCIÓN PCB CLIP PLASTICO.....0.157- 4,00mm  
 SUJECCIÓN PCB TORNILLO.....0.177- 4,50mm

#### DIAMETRO MÍNIMO TALADRO METALIZADO:

- CLASE 3 = 0,50mm.

- CLASE 4 = 0,40mm.

- CLASE 5 = 0,30mm.

PARED MÍNIMA CORONA:

- CLASE 3 = 0,22mm.

- CLASE 4 = 0,20mm.

- CLASE 5 = 0,18mm.

#### 2.7.4. Mascarilla solder (Solder Mask)

AISLAMIENTO.....0.027 = 0,60mm

SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE MÁSCARA Y PADS DE COBRE:

- CLASE 3 = 0,15mm.

- CLASE 4 y 5 = 0,12mm.

#### 2.7.5. Zona de masa (Copper pour GND)

WIDTH.....0.010- 0,20mm

CLEARANCE.....0.027- 0,60mm

NET.....GND

HATCH PATTERN.....CROSS HATCHING

HATCH GRID.....0.027- 0,60mm

#### 2.7.6. Thermal relief

SPOKE WIDTH.....0.030- 0,76mm

ISOLATION WIDTH.....0.015- 0,38mm

ANNULAR OVER DRILL.....0.050- 1,27mm

### 2.7.7. Tamaño de texto ref. componente

LINEA WIDTH.....0.080- 2,00mm

TEXT HEIGHT.....0.060- 1,50mm

GRUESO MÍNIMO:

- CLASES 3, 4 y 5 = 0,20mm

### 2.7.8. Multicapa

Mínimo 4 capas para poder realizar los distintos TIPOS DE VIAS

VIA1: TOP, BOT = 1.27mm. Round

- IN1, IN2 = 1,27mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.

- SMT, SMB = 1.40mm. Round

- DRILL= 0.60mm.

VIA2: TOP, BOT = 0.80mm. Round

- IN1, IN2 = 0,80mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.

- SMT, SMB = 0.90mm. Round

- DRILL= 0.40mm.

MICROVIAS: El DRILL es <0,1mm y se hacen por Láser. NO son recomendables por el precio.

Por ejemplo, el precio de un MULTICAPA de 4 capas con MV1-MV2-MV3-MV4-MV5, es el doble que con vías normales VIA2. El acabado en oro tampoco es recomendable.

VIAS CIEGAS: El DRILL es >0,2mm y son como las vías normales VIA2, de clase 4.

MV1: TOP, IN1 = 0.80mm. Round

- IN2, BOT = 0,80mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.
- SMT, SMB = 0.90mm. Round
- DRILL= 0.40mm.

MV2: BOT, IN1 = 0.80mm. Round

- IN2, TOP = 0,80mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.
- SMT, SMB = 0.90mm. Round
- DRILL= 0.40mm.

MV3: TOP, IN2 = 0.80mm. Round

- IN1, BOT = 0,80mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.
- SMT, SMB = 0.90mm. Round
- DRILL= 0.40mm.

MV4: BOT, IN2 = 0.80mm. Round

- IN1, TOP = 0,80mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.
- SMT, SMB = 0.90mm. Round
- DRILL= 0.40mm.

MV5: IN1, IN2 = 0.80mm. Round

- TOP, BOT = 0,80mm.Round. Se abren para evitar contacto al realizar el pasante de TOP a BOT.
- SMT, SMB = 0.90mm. Round
- DRILL= 0.40mm.

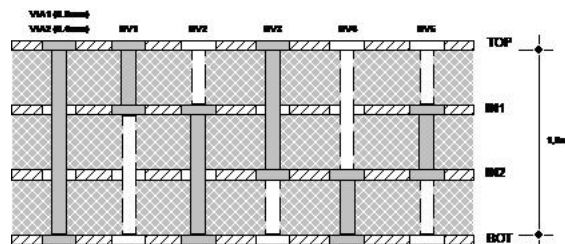


**Figura 1. Multipaca**

### 2.7.9. Mejoras en diseño de SMD

- Ubicar los componentes en las dimensiones requeridas y sin rutear, enviar al montador para su VºBº.
- Procurar que todos los componentes SMD o INSERCIÓN vayan por la cara TOP.
- Pegar los componentes SMD por el horno
- Montar los componentes de INSERCIÓN.

- Pasar la OLA por cara BOT.
- MÁSCARA PELABLE por lado contrario al de componentes SMD o por la cara que pasa la OLA.
- Se utiliza en componentes de INSERCIÓN que no se montan o componentes de INSERCIÓN que han de montarse después del paso de la ola.
- Para generar ficheros GERBER, activar la opción: "Extended Gerber"
- 2 FIDUCIALES: Por cara donde se montan los componente SMD, en esquinas opuestas del pcb y libre de solder.
- 2 TALADROS de REGISTRO: En el lateral mas largo del pcb, cercanos al borde, en línea de 3mm sin metalizar.

### 2.7.10. Montaje disipador

- Cuando es Regulador: remache
- Cuando es Transistor: arandela nylon + aislante + arandela acero inox. + tuerca acero inox. + tornillo acero inox.

### 2.7.11. Elastómero

Acabado COBRE + GRAFITO: Proceso de serigrafía; espesor del grafito 20micras.

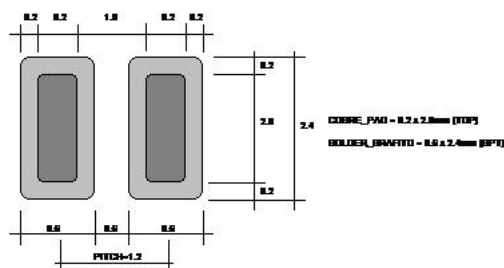


**Figura 2.** Acabado cobre mas grafito

Acabado ORO: Proceso fotográfico; solder total para no producir sombras.

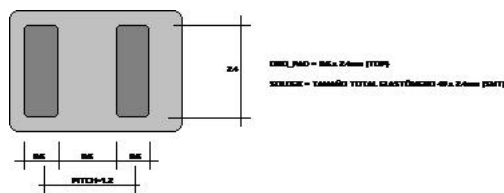


**Figura 3. Acabado ORO**

### 2.7.12. SMD - condensadores estándar (Case size EIA)

Caja A = 3216 - (L=3,2mm) (W=1,6mm)

Caja B = 3528 - (L=3,5mm) (W=2,8mm)

Caja C = 6032 - (L=6,0mm) (W=3,2mm)

Caja D = 7343 - (L=7,3mm) (W=4,3mm)

### 2.7.13. SMD - resistencias y diodos

2512 >>>>>>>> 1W

2010 >>>>>>>> 0,5W

1206 >>>>>>>> 0,125W y 0,250W

0805 >>>>>>>> 0,125W

0603 y 0402 >>>> 0,0625W

MELF >>>>>>>> 0,4W (5,8x2,2mm)

MINIMELF >>>> 0,25W (3,6x1,4mm) (LL4148 – 1206)

MICROMELF >> 500mW (2,0x1,2mm) (MCL4148 y MCL103A – 0805)

### 2.7.14. Ficheros Gerber: Fabricación PCB

FORMAT: EXTENDED GERBER

1. S128\_R00.TOP - TOP LAYER

2. S128\_R00.IN1 - INNER LAYER 1

3. S128\_R00.IN2 - INNER LAYER 2

4. S128\_R00.BOT - BOTTOM LAYER

5. S128\_R00.SMT - SOLDERMASK TOP

6. S128\_R00.SMB - SOLDERMASK BOTTOM

7. S128\_R00.SPT - SOLDER PASTE TOP

8. S128\_R00.SPB - SOLDER PASTE BOTTOM

9. S128\_R00.SST - SILKSCREEN TOP
10. S128\_R00.SSB - SILKSCREEN BOTTOM
11. S128\_R00.TAP - THUHOLE TAP
12. S128\_R00.NPT - THRUHOLE NPT
13. S128\_R00.DRD - THRUHOLE DRD
14. S128\_R00.DTS - THRUHOLE DTS
15. S128\_R00.TXT - COMP INSERTION TXT
16. S128\_R00.APP - APPERTURES
17. S128\_R00.DOC - CHARACTERISTICS PCB
18. S128\_R00.GTD - GERBER TOOL

### **2.7.15. Características PCB**

TIPO DE CIRCUITO:

DOBLE CARA

SIMPLE CARA

MULTICAPA - NÚM. DE CAPAS

MATERIAL:

FIBRA DE VIDRIO

BAQUELITA

POLYAMIDA

ESPESOR Y DIMENSIONES:

0,4mm

0,8mm

1,0mm

1,6mm

2,4mm

3,2mm

COBRE BASE:

17 MICRAS

35 MICRAS

GRAFITO

MASCARA PELABLE

CONECTOR DORADO

TECNOLOGIA:

TALADRO(TH):

METALIZADO

NO METALIZADO

MONTAJE SUPERFICIAL (SMD):

REFUSIÓN

INSERCIÓN

OLA

ACABADO SOLDABLE:

HAL: ESTAÑO-PLOMO

OSP: PROTECTORES ORGANICOS

ENIG: NIQUEL-ORO QUÍMICO

Lmm. Sn: ESTAÑO QUÍMICO

Lmm. Ag: PLATA QUÍMICA

MASCARILLAS SOLDER:

VERDE - Convencional

AZUL

NEGRO

SERIGRAFIA LADO TOP:

BLANCO - Convencional

AMARILLO

NEGRO

SERIGRAFIA LADO BOT:

BLANCO - Convencional

AMARILLO

NEGRO

MECANIZADO:

FRESADO

CORTADO

TROQUELADO

PANELADO

PRUEBA ELECTRICA:

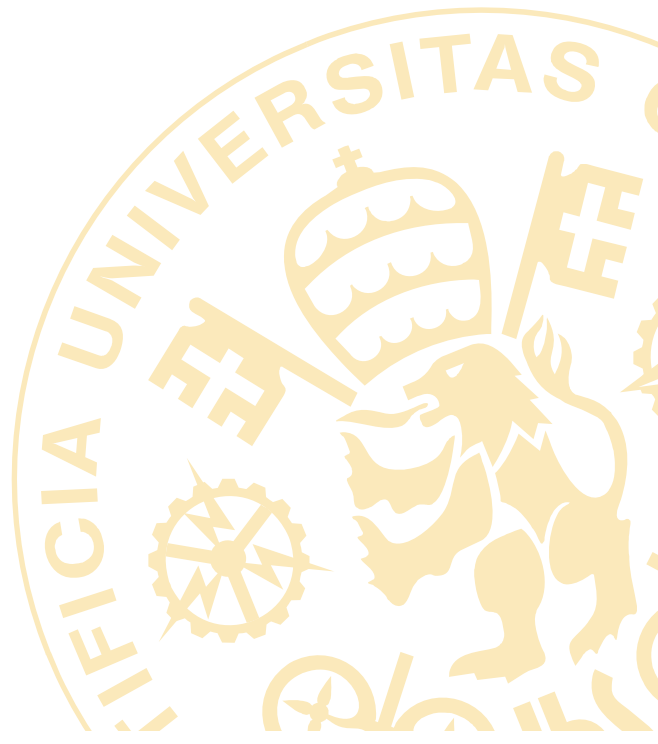
TEST ELECTRICO

100

**DOCUMENTO IV**



**PRESUPUESTO**





# Índice

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>1. Mediciones</b>                 | <b>5</b>  |
| 1.1. Hardware . . . . .              | 5         |
| 1.2. Software . . . . .              | 8         |
| 1.3. Equipo y herramientas . . . . . | 8         |
| 1.4. Mano de obra directa . . . . .  | 9         |
| <b>2. Precios unitarios</b>          | <b>11</b> |
| 2.1. Hardware . . . . .              | 11        |
| 2.2. Software . . . . .              | 13        |
| 2.3. Equipo y herramientas . . . . . | 14        |
| 2.4. Mano de obra directa . . . . .  | 14        |
| <b>3. Sumas parciales</b>            | <b>15</b> |
| 3.1. Hardware . . . . .              | 15        |
| 3.2. Software . . . . .              | 18        |
| 3.3. Equipo y herramientas . . . . . | 18        |
| 3.4. Mano de obra directa . . . . .  | 19        |
| <b>4. Presupuesto general</b>        | <b>21</b> |
| 4.1. Coste de una unidad . . . . .   | 21        |



# Capítulo 1

## Mediciones

### 1.1. Hardware

| Componentes                                                                                            | Descripción                                  | Cantidad |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------|
| -                                                                                                      | Circuito impreso S133A1                      | 1        |
| AO1, AO3, AO4, AO5                                                                                     | Opcional: VISHAY_SMD-TCMT4100                | 4        |
| AO2                                                                                                    | Opcional: VISHAY_SMD-TCMT1100                | 1        |
| C1, C2, C9, C10                                                                                        | Opcional: SMD_1010                           | 4        |
| C12                                                                                                    | CMC 22NF SMD-0805                            | 1        |
| C13, C25                                                                                               | CMC 100NF SMD-0805                           | 2        |
| C14                                                                                                    | CTA 10MF-25V SMD_7343                        | 2        |
| C19                                                                                                    | Cond. Supercap TOKIN 47mF 5,5V<br>FYD0H473ZF | 1        |
| C20                                                                                                    | CMC 1NF SMD_0805 <RoHS>                      | 5        |
| C3                                                                                                     | Cond. poliprop. 2,2 KpF 1600V rast.15        | 1        |
| C4, C5                                                                                                 | Cap. poliest. 100K 275Vac r.15 X2            | 2        |
| C6                                                                                                     | Cond. elect.rad. 10uF 400V R.5 10x19         | 1        |
| C7, C11                                                                                                | Cap. poliest. 0,022uF 250Vac r.15 Y2         | 2        |
| C8, C15, C16, C17,<br>C18, C21, C22, C23,<br>C24                                                       | CMC 10NF SMD-0805                            | 9        |
| CI1                                                                                                    | CI EEPROM 24C16 Industrial -smd- SO8         | 1        |
| D1, D8, D10, D14, D16,<br>D18, D20, D22, D24,<br>D28, D30, D35, D37,<br>D40, D43, D46, D48,<br>D50-D65 | LED VERDE SMD_0805                           | 33       |
| D12                                                                                                    | Diodo zener 1W 18V smd DO214AA               | 1        |

|                                                                                       |                                              |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----|
| D2, D5, D6, D7                                                                        | Diodo UF4007 Ultra-Fast "Tape in Box"        | 4  |
| D25, D32                                                                              | Diodo 1N4148 smd MicroMELF SOD323            | 2  |
| D27                                                                                   | DZE 4V3 400MW SMD_DO-213AA                   | 1  |
| D3                                                                                    | Pte. rectific. 600V 1,0 Amp smd DFS          | 1  |
| D33, D34, D39, D44,<br>D45, D47                                                       | Transil P6SMB-6.8A unidirecc. smd<br>DO214AA | 6  |
| D4, D9, D11, D13, D15,<br>D17, D19, D21, D23,<br>D26, D29, D31, D36,<br>D38, D41, D42 | Diodo Schottky MCL103A MicroMELF<br>Reel     | 16 |
| D49                                                                                   | DZE 10V 400MW SMD_DO-213AA                   | 1  |
| F1                                                                                    | Porta-Fusible circ. impreso horiz. 5x20      | 1  |
| F1.1                                                                                  | Fusible 5x20 0,5 A                           | 1  |
| F2                                                                                    | Fusible BEL MTR_500mA Radial raster<br>5,08  | 1  |
| JP1, JP2, JP3, JP4                                                                    | Bloque pines 1x2 2,54                        | 4  |
| JP1.1, JP2.1, JP3.1,<br>JP4.1                                                         | Jumper                                       | 4  |
| K1-K16                                                                                | RelÚ MAT PA1A 12Vdc                          | 16 |
| L1,L3                                                                                 | Chip inductor 56 uH 10 % SMD 1812            | 2  |
| L2                                                                                    | Choque KASCHKE RDS 0,4A 2x39 mH<br>(049.645) | 1  |
| Q1, Q2, Q3, Q4                                                                        | Transistor BC846 SMD SOT23                   | 4  |
| R1, R13, R20, R24,<br>R33, R41, R52, R59                                              | XXX-1/8W-1 % SMD_0805                        | 8  |
| R10, R15                                                                              | 1K5-1/8W-1 % SMD_0805                        | 2  |
| R11                                                                                   | 330H-1/8W-5 % SMD_0805                       | 1  |
| R12, R32                                                                              | 1K-1/8W-5 % SMD_0805                         | 2  |
| R14                                                                                   | 6K9-1/8W-5 % SMD_2010                        | 1  |
| R18                                                                                   | 5K6-1/8W-5 % SMD_0805                        | 1  |
| R2, R29, R30, R31,<br>R75, R76, R77                                                   | 100K-1/8W-5 % SMD_0805                       | 7  |
| R3                                                                                    | 56K-1/8W-5 % SMD_0805                        | 1  |
| R34, R42, R44, R45,<br>R47, R54, R60, R63,<br>R64, R65                                | 10K-1/8W-5 % SMD_0805                        | 10 |
| R35                                                                                   | 20K-1/8W-1 % SMD_0805                        | 1  |
| R38                                                                                   | 680H-1/8W-5 % SMD_0805                       | 1  |
| R39                                                                                   | 12K1-1/8W-1 % SMD_0805                       | 1  |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| R4, R16, R22, R26, 4K7-1/8W-5 % SMD_2010                                  | 18 |
| R28, R40, R49, R53,                                                       |    |
| R61, R68, R70-R73,                                                        |    |
| R79, R80, R83, R84                                                        |    |
| R46 47H-1W-5 % SMD_2512                                                   | 1  |
| R5 620H-1W-5 % SMD_2512                                                   | 1  |
| R50 200K-1/8W-5 % SMD_0805                                                | 1  |
| R51, R67 120H-1/8W-5 % SMD_0805                                           | 2  |
| R57 4K3-1/8W-5 % SMD_0805                                                 | 1  |
| R58 47H-1/8W-5 % SMD_0805                                                 | 1  |
| R6, R17, R21, R25, 100H-1/8W-5 % SMD_0805                                 | 8  |
| R36, R43, R55, R62                                                        |    |
| R69 510H-1/8W-5 % SMD_0805                                                | 1  |
| R7 10H-1/8W-5 % SMD_0805                                                  | 1  |
| R74, R78, R81, R82, 10K-1/8W-1 % SMD_0805                                 | 8  |
| R85, R86, R87, R88                                                        |    |
| R8, R19, R23, R27, 200H-1/8W-1 % SMD_0805                                 | 8  |
| R37, R48, R56, R66                                                        |    |
| R9 300H-1/4W-5 % SMD_1210                                                 | 1  |
| RT1 Resist. PTC EPCOS B59995C120A70                                       | 1  |
| RV1 R.Varistor 275Vac 0,4W d:10mm r.:7,5                                  | 1  |
| SW1, SW2, SW3 Microint. 8 circ. Inserción                                 | 3  |
| SW4 Microint. 4 circ. Inserción                                           | 1  |
| T1 Trafo 74010 Trafo Ferrita 12W 5/12V                                    | 1  |
| U1, U10 CI ULN2803 SMD SO18                                               | 2  |
| U12 CI MAX 500 BEWE SMD SO16                                              | 1  |
| U2 CI FSQ0265RN DIL8 (Fairch)                                             | 1  |
| U3, U5 CI TL431IDG industrial -smd- SO8                                   | 2  |
| U4 CI M41T56-M6E industrial -smd- SO8                                     | 1  |
| Opcional: UCIDS1307ZNSO8Y                                                 |    |
| U6, U9 CI xxx 487 Industrial smd SO8                                      | 2  |
| U7 QUAD.50M/64/WG12.00 MProcesador                                        | 1  |
| (D) MC9S08 AC60 CPU-E LQFP-64                                             |    |
| U8, U11, U13 CI TLC2272AID -smd- SO8                                      | 3  |
| X1 Borna SAURO MSM03003 3p 7,50                                           | 1  |
| X11, X8, (X5.1, X5.2, X5.3), (X13.1, X13.2, X13.3), (X14.1, X14.2, X14.3) | 11 |

|                           |                                                                  |   |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------|---|
| X2, X3, X6, X10, X12, X15 | Borna tor. RIA 31092104 4p 5,00                                  | 6 |
| X4, X9                    | Borna SAURO MSB02001-0NC 2p. 5.00                                | 2 |
| X7                        | Bloque pines 2x3 2,54                                            | 1 |
| Y1                        | Cuarzo 32,768 Kc smd 85SMX 20ppm -40+85C                         | 1 |
| —                         | Tapa caja S118 Alt= 21mm ABS Gris RAL7035                        | 1 |
| —                         | Base caja S118 Alt= 17mm Negra                                   | 1 |
| —                         | Soporte poliester transp. 0,8mm troquelado s. muestra            | 1 |
| —                         | Carátula LEXAN adhesiva + serigrafía S118 (2 colores) s. muestra | 1 |
| A1                        | Tornillo CL81Z 2,6x6 (alomada-philips)                           | 4 |
| B1                        | Bolsa plástico 8x12                                              | 1 |
| B1.1                      | Tornillo VELOX 3,0x25 Zn                                         | 4 |
| B1.2                      | Taco nylon gris 5 mm                                             | 4 |

## 1.2. Software

| Programa                                                     | Horas de proyecto |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| OrCAD                                                        | 30                |
| Code Warrior - Freescale                                     | 100               |
| MikTeX 2.7 (Distribución de L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X) | 100               |
| TeXnicCenter v1.0                                            | 100               |
| SumatraPDF                                                   | 100               |
| Microsoft Office                                             | 50                |

## 1.3. Equipo y herramientas

| Elemento    | Horas de proyecto |
|-------------|-------------------|
| Ordenador   | 340               |
| Cyclone pro | 1                 |

## 1.4. Mano de obra directa

| Actividad                       | Horas |
|---------------------------------|-------|
| Diseño de la tarjeta            | 20    |
| Montaje de la tarjeta           | 40    |
| Programación                    | 100   |
| Pruebas y solución de problemas | 30    |
| Documentación del proyecto      | 30    |



# Capítulo 2

## Precios unitarios

### 2.1. Hardware

| Componentes                               | Precio (€/ud.) |
|-------------------------------------------|----------------|
| Circuito impreso S133A1                   | 3.9            |
| Opcional: VISHAY_SMD-TCMT4100             | 0.4            |
| Opcional: VISHAY_SMD-TCMT1100             | 0.11           |
| Opcional: SMD_1010                        | 0.02           |
| CMC 22NF SMD-0805                         | 0.02           |
| CMC 100NF SMD-0805                        | 0.03           |
| CTA 10MF-25V SMD_7343                     | 0.04           |
| Cond. Supercap TOKIN 47mF 5,5V FYD0H473ZF | 0.48           |
| CMC 1NF SMD_0805 <RoHS>                   | 0.02           |
| Cond. poliprop. 2,2 KpF 1600V rast.15     | 0.07           |
| Cap. poliest. 100K 275Vac r.15 X2         | 0.09           |
| Cond. elect.rad. 10uF 400V R.5 10x19      | 0.054          |
| Cap. poliest. 0,022uF 250Vac r.15 Y2      | 0.071          |
| CMC 10NF SMD-0805                         | 0.06           |
| CI EEPROM 24C16 Industrial -smd- SO8      | 0.18           |
| LED VERDE SMD_0805                        | 0.013          |
| Diodo zener 1W 18V smd DO214AA            | 0.07           |
| Diodo UF4007 Ultra-Fast "Tape in Box"     | 0.04           |
| Diodo 1N4148 smd MicroMELF SOD323         | 0.01           |
| DZE 4V3 400MW SMD_DO-213AA                | 0.08           |
| Pte. rectific. 600V 1,0 Amp smd DFS       | 0.06           |
| Transil P6SMB-6.8A unidirecc. smd DO214AA | 0.09           |
| Diodo Schottky MCL103A MicroMELF Reel     | 0.01           |
| DZE 10V 400MW SMD_DO-213AA                | 0.08           |

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Porta-Fusible circ. impreso horiz. 5x20   | 0.044 |
| Fusible 5x20 0,5 A                        | 0.035 |
| Fusible BEL MTR_500mA Radial raster 5,08  | 0.04  |
| Bloque pines 1x2 2,54                     | 0.01  |
| Jumper                                    | 0.01  |
| RelÚ MAT PA1A 12Vdc                       | 0.65  |
| Chip inductor 56 uH 10 % SMD 1812         | 0.095 |
| Choque KASCHKE RDS 0,4A 2x39 mH (049.645) | 0.73  |
| Transistor BC846 SMD SOT23                | 0.02  |
| XXX-1/8W-1 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 1K5-1/8W-1 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 330H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 1K-1/8W-5 % SMD_0805                      | 0.004 |
| 6K9-1/8W-5 % SMD_2010                     | 0.004 |
| 5K6-1/8W-5 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 100K-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 56K-1/8W-5 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 10K-1/8W-5 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 20K-1/8W-1 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 680H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 12K1-1/8W-1 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 4K7-1/8W-5 % SMD_2010                     | 0.004 |
| 47H-1W-5 % SMD_2512                       | 0.004 |
| 620H-1W-5 % SMD_2512                      | 0.004 |
| 200K-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 120H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 4K3-1/8W-5 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 47H-1/8W-5 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 100H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 510H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 10H-1/8W-5 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 10K-1/8W-1 % SMD_0805                     | 0.004 |
| 200H-1/8W-1 % SMD_0805                    | 0.004 |
| 300H-1/4W-5 % SMD_1210                    | 0.004 |
| Resist. PTC EPCOS B59995C120A70           | 0.25  |
| R.Varistor 275Vac 0,4W d:10mm r.:7,5      | 0.035 |
| Microint. 8 circ. Inserción               | 0.22  |
| Microint. 4 circ. Inserción               | 0.16  |
| Trafo 74010 Trafo Ferrita 12W 5/12V       | 1.33  |
| CI ULN2803 SMD SO18                       | 0.15  |

|                                                                  |        |
|------------------------------------------------------------------|--------|
| CI MAX 500 BEWE SMD SO16                                         | 9.8    |
| CI FSQ0265RN DIL8 (Fairch)                                       | 0.491  |
| CI TL431IDG industrial -smd- SO8                                 | 0.053  |
| CI M41T56-M6E industrial -smd- SO8 Opcional: UCIDS1307ZNSO8Y     | 0.8    |
| CI xxx 487 Industrial smd SO8                                    | 0.75   |
| QUAD.50M/64/WG12.00 MProcesador (D) MC9S08 AC60 CPU-E LQFP-64    | 3.75   |
| CI TLC2272AID -smd- SO8                                          | 0.45   |
| Borna SAURO MSM03003 3p 7,50                                     | 0.24   |
| Borna SAURO MSB03001-0NC 3p. 5.00                                | 0.11   |
| Borna tor. RIA 31092104 4p 5,00                                  | 0.15   |
| Borna SAURO MSB02001-0NC 2p. 5.00                                | 0.08   |
| Bloque pines 2x3 2,54                                            | 0.03   |
| Cuarzo 32,768 Kc smd 85SMX 20ppm -40+85C                         | 0.176  |
| Tapa caja S118 Alt= 21mm ABS Gris RAL7035                        | 0.517  |
| Base caja S118 Alt= 17mm Negra                                   | 0.57   |
| Soporte poliester transp. 0,8mm troquelado s. muestra            | 1.48   |
| Carátula LEXAN adhesiva + serigrafía S118 (2 colores) s. muestra | 2.6    |
| Tornillo CL81Z 2,6x6 (alomada-philips)                           | 0.011  |
| Bolsa plástico 8x12                                              | 0.007  |
| Tornillo VELOX 3,0x25 Zn                                         | 0.0059 |
| Taco nylon gris 5 mm                                             | 0.009  |

## 2.2. Software

| Programa                                                     | Precio (€/ud.)                |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| OrCAD                                                        | 30                            |
| Code Warrior - Freescale                                     | Versión de libre distribución |
| MikTeX 2.7 (Distribución de L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X) | Software libre                |
| TeXnicCenter v1.0                                            | Software libre                |
| SumatraPDF                                                   | Software libre                |
| Microsoft Office                                             | 275,95                        |
| Image to PDF converter free                                  | Versión de libre distribución |
| PDF converter                                                | Versión de libre distribución |

## 2.3. Equipo y herramientas

| Elemento    | Precio (€/ud.) |
|-------------|----------------|
| Ordenador   | 733            |
| Cyclone pro | 40             |

## 2.4. Mano de obra directa

| Actividad                       | Precio (€/ud.) |
|---------------------------------|----------------|
| Diseño de la tarjeta            | 50             |
| Montaje de la tarjeta           | 20             |
| Programación                    | 20             |
| Pruebas y solución de problemas | 60             |
| Documentación del proyecto      | 40             |

# Capítulo 3

## Sumas parciales

### 3.1. Hardware

| Componentes                               | Cantidad | Precio (€/ud.) | Coste total (€) |
|-------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|
| Circuito impreso S133A1                   | 1        | 3.9            | 3.9             |
| Opcional: VISHAY_SMD-TCMT4100             | 4        | 0.4            | 1.6             |
| Opcional: VISHAY_SMD-TCMT1100             | 1        | 0.11           | 0.11            |
| Opcional: SMD_1010                        | 4        | 0.02           | 0.08            |
| CMC 22NF SMD-0805                         | 1        | 0.02           | 0.02            |
| CMC 100NF SMD-0805                        | 2        | 0.03           | 0.06            |
| CTA 10MF-25V SMD_7343                     | 2        | 0.04           | 0.08            |
| Cond. Supercap TOKIN 47mF 5,5V FYD0H473ZF | 1        | 0.48           | 0.48            |
| CMC 1NF SMD_0805 <RoHS>                   | 5        | 0.02           | 0.1             |
| Cond. poliprop. 2,2 KpF 1600V rast.15     | 1        | 0.07           | 0.07            |
| Cap. poliest. 100K 275Vac r.15 X2         | 2        | 0.09           | 0.18            |
| Cond. elect.rad. 10uF 400V R.5 10x19      | 1        | 0.054          | 0.054           |
| Cap. poliest. 0,022uF 250Vac r.15 Y2      | 2        | 0.071          | 0.142           |
| CMC 10NF SMD-0805                         | 9        | 0.06           | 0.54            |
| CI EEPROM 24C16 Industrial -smd-SO8       | 1        | 0.18           | 0.18            |
| LED VERDE SMD_0805                        | 33       | 0.013          | 0.429           |

|                                           |    |       |       |
|-------------------------------------------|----|-------|-------|
| Diodo zener 1W 18V smd DO214AA            | 1  | 0.07  | 0.07  |
| Diodo UF4007 Ultra-Fast "Tape in Box"     | 4  | 0.04  | 0.16  |
| Diodo 1N4148 smd MicroMELF SOD323         | 2  | 0.01  | 0.02  |
| DZE 4V3 400MW SMD_DO-213AA                | 1  | 0.08  | 0.08  |
| Pte. rectific. 600V 1,0 Amp smd DFS       | 1  | 0.06  | 0.06  |
| Transil P6SMB-6.8A unidirecc. smd DO214AA | 6  | 0.09  | 0.54  |
| Diodo Schottky MCL103A Micro-MELF Reel    | 16 | 0.01  | 0.16  |
| DZE 10V 400MW SMD_DO-213AA                | 1  | 0.08  | 0.08  |
| Porta-Fusible circ. impreso horiz. 5x20   | 1  | 0.044 | 0.044 |
| Fusible 5x20 0,5 A                        | 1  | 0.035 | 0.035 |
| Fusible BEL MTR_500mA Radial raster 5,08  | 1  | 0.04  | 0.04  |
| Bloque pines 1x2 2,54                     | 4  | 0.01  | 0.04  |
| Jumper                                    | 4  | 0.01  | 0.04  |
| RelÚ MAT PA1A 12Vdc                       | 16 | 0.65  | 10.4  |
| Chip inductor 56 uH 10 % SMD 1812         | 2  | 0.095 | 0.19  |
| Choque KASCHKE RDS 0,4A 2x39 mH (049.645) | 1  | 0.73  | 0.73  |
| Transistor BC846 SMD SOT23                | 4  | 0.02  | 0.08  |
| XXX-1/8W-1 % SMD_0805                     | 8  | 0.004 | 0.032 |
| 1K5-1/8W-1 % SMD_0805                     | 2  | 0.004 | 0.008 |
| 330H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 1K-1/8W-5 % SMD_0805                      | 2  | 0.004 | 0.008 |
| 6K9-1/8W-5 % SMD_2010                     | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 5K6-1/8W-5 % SMD_0805                     | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 100K-1/8W-5 % SMD_0805                    | 7  | 0.004 | 0.028 |
| 56K-1/8W-5 % SMD_0805                     | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 10K-1/8W-5 % SMD_0805                     | 10 | 0.004 | 0.04  |
| 20K-1/8W-1 % SMD_0805                     | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 680H-1/8W-5 % SMD_0805                    | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 12K1-1/8W-1 % SMD_0805                    | 1  | 0.004 | 0.004 |

|                                                                       |    |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------|----|-------|-------|
| 4K7-1/8W-5 % SMD_2010                                                 | 18 | 0.004 | 0.072 |
| 47H-1W-5 % SMD_2512                                                   | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 620H-1W-5 % SMD_2512                                                  | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 200K-1/8W-5 % SMD_0805                                                | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 120H-1/8W-5 % SMD_0805                                                | 2  | 0.004 | 0.008 |
| 4K3-1/8W-5 % SMD_0805                                                 | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 47H-1/8W-5 % SMD_0805                                                 | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 100H-1/8W-5 % SMD_0805                                                | 8  | 0.004 | 0.032 |
| 510H-1/8W-5 % SMD_0805                                                | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 10H-1/8W-5 % SMD_0805                                                 | 1  | 0.004 | 0.004 |
| 10K-1/8W-1 % SMD_0805                                                 | 8  | 0.004 | 0.032 |
| 200H-1/8W-1 % SMD_0805                                                | 8  | 0.004 | 0.032 |
| 300H-1/4W-5 % SMD_1210                                                | 1  | 0.004 | 0.004 |
| Resist. PTC EPCOS<br>B59995C120A70                                    | 1  | 0.25  | 0.25  |
| R.Varistor 275Vac 0,4W d:10mm<br>r.:7,5                               | 1  | 0.035 | 0.035 |
| Microint. 8 circ. Inserción                                           | 3  | 0.22  | 0.66  |
| Microint. 4 circ. Inserción                                           | 1  | 0.16  | 0.16  |
| Trafo 74010 Trafo Ferrita 12W<br>5/12V                                | 1  | 1.33  | 1.33  |
| CI ULN2803 SMD SO18                                                   | 2  | 0.15  | 0.3   |
| CI MAX 500 BEWE SMD SO16                                              | 1  | 9.8   | 9.8   |
| CI FSQ0265RN DIL8 (Fairch)                                            | 1  | 0.491 | 0.491 |
| CI TL431IDG industrial -smd- SO8                                      | 2  | 0.053 | 0.106 |
| CI M41T56-M6E industrial<br>-smd- SO8 Opcional:<br>UCIDS1307ZNSO8Y    | 1  | 0.8   | 0.8   |
| CI xxx 487 Industrial smd SO8                                         | 2  | 0.75  | 1.5   |
| QUAD.50M/64/WG12.00 MProce-<br>sador (D) MC9S08 AC60 CPU-E<br>LQFP-64 | 1  | 3.75  | 3.75  |
| CI TLC2272AID -smd- SO8                                               | 3  | 0.45  | 1.35  |
| Borna SAURO MSM03003 3p 7,50                                          | 1  | 0.24  | 0.24  |
| Borna SAURO MSB03001-0NC 3p.<br>5.00                                  | 11 | 0.11  | 1.21  |
| Borna tor. RIA 31092104 4p 5,00                                       | 6  | 0.15  | 0.9   |
| Borna SAURO MSB02001-0NC 2p.<br>5.00                                  | 2  | 0.08  | 0.16  |
| Bloque pines 2x3 2,54                                                 | 1  | 0.03  | 0.03  |

|                                                                       |   |        |        |
|-----------------------------------------------------------------------|---|--------|--------|
| Cuarzo 32,768 Kc smd 85SMX<br>20ppm -40+85C                           | 1 | 0.176  | 0.176  |
| Tapa caja S118 Alt= 21mm ABS<br>Gris RAL7035                          | 1 | 0.517  | 0.517  |
| Base caja S118 Alt= 17mm Negra                                        | 1 | 0.57   | 0.57   |
| Soporte poliester transp. 0,8mm<br>troquelado s. muestra              | 1 | 1.48   | 1.48   |
| Carátula LEXAN adhesiva + serigra-<br>fía S118 (2 colores) s. muestra | 1 | 2.6    | 2.6    |
| Tornillo CL81Z 2,6x6 (alomada-<br>philips)                            | 4 | 0.011  | 0.044  |
| Bolsa plástico 8x12                                                   | 1 | 0.007  | 0.007  |
| Tornillo VELOX 3,0x25 Zn                                              | 4 | 0.0059 | 0.0236 |
| Taco nylon gris 5 mm                                                  | 4 | 0.009  | 0.036  |
| TOTAL                                                                 |   |        | 49.67  |

### 3.2. Software

Se incluyen en la siguiente tabla solo los programas que han repercutido en un coste sobre el proyecto.

| Programa         | Coste total (€) |
|------------------|-----------------|
| OrCAD            | 1028            |
| Microsoft Office | 276             |
| TOTAL            | 1304            |

### 3.3. Equipo y herramientas

| Elemento    | Horas de proyecto |
|-------------|-------------------|
| Ordenador   | 733               |
| Cyclone pro | 40                |
| TOTAL       | 773               |

### 3.4. Mano de obra directa

| Actividad                       | Horas | Precio(€/h) | Coste total(€) |
|---------------------------------|-------|-------------|----------------|
| Diseño de la tarjeta            | 100   | 50          | 5000           |
| Montaje de la tarjeta           | 40    | 20          | 800            |
| Programación                    | 150   | 20          | 3000           |
| Pruebas y solución de problemas | 100   | 60          | 6000           |
| Documentación del proyecto      | 50    | 40          | 2000           |
| TOTAL                           |       |             | 16800          |



# Capítulo 4

## Presupuesto general

Sumando todos los costes anteriores mas el coste de transporte se estima que el coste del proyecto asciende a:

| Concepto              | Coste (€) |
|-----------------------|-----------|
| Hardware              | 49,67     |
| Transporte            | 15        |
| Software              | 1304      |
| Equipo y herramientas | 773       |
| Mano de obra directa  | 16800     |
| TOTAL                 | 18941,6   |

### 4.1. Coste de una unidad

El estudio económico muestra que se venderán 150 unidades entre los dos primeros años. Con este dato se puede establecer un precio unitario del producto aproximado de 220 €. Este precio queda sujeto a cambios en el futuro.

Firmado: .....

Laura Vallejo Cebrero  
30 de mayo de 2012